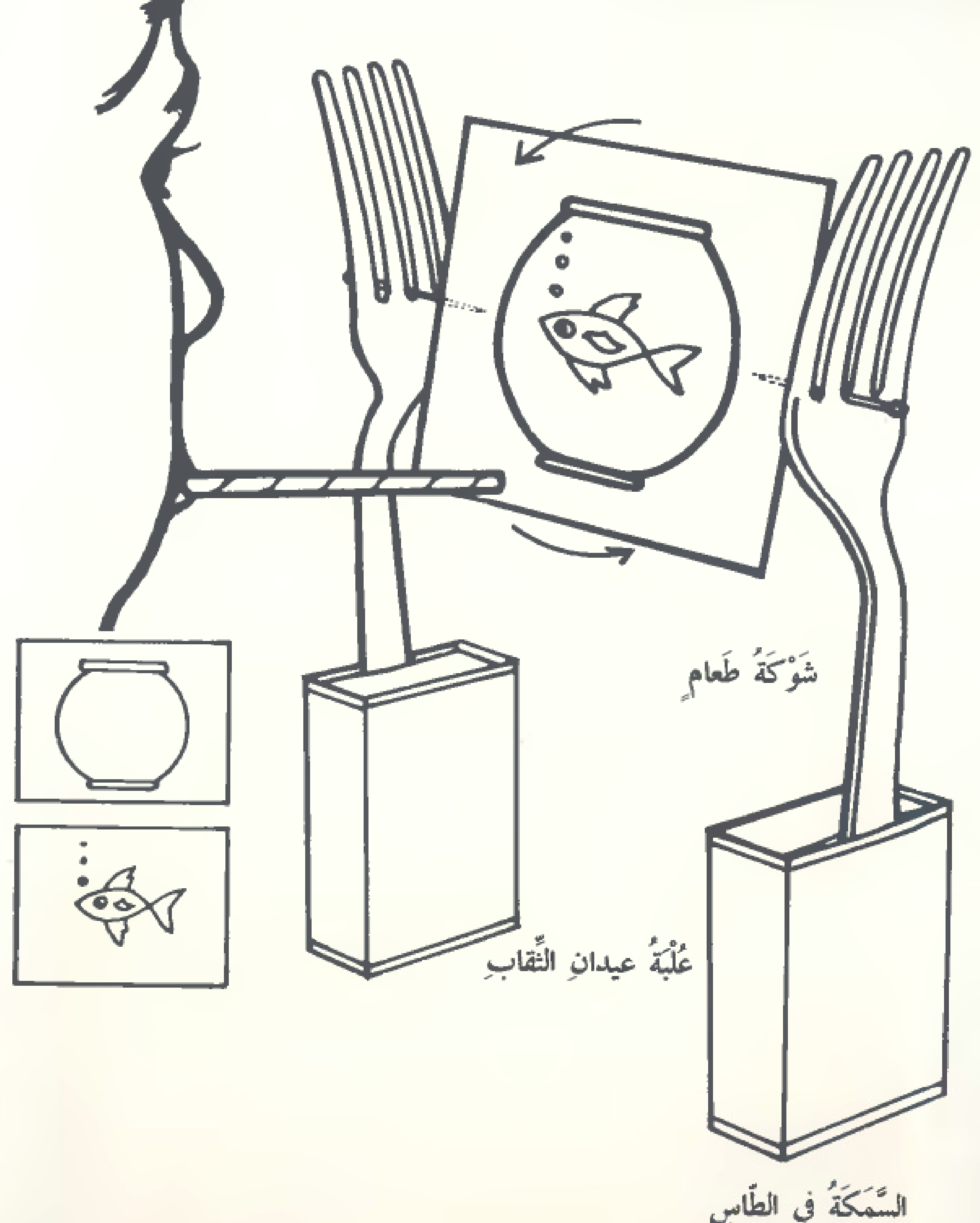


سلسلة
"العلوم للناشئين"
عِلْمُ الضَّوْء
(مبادئ وتجارب ميسَّرة)



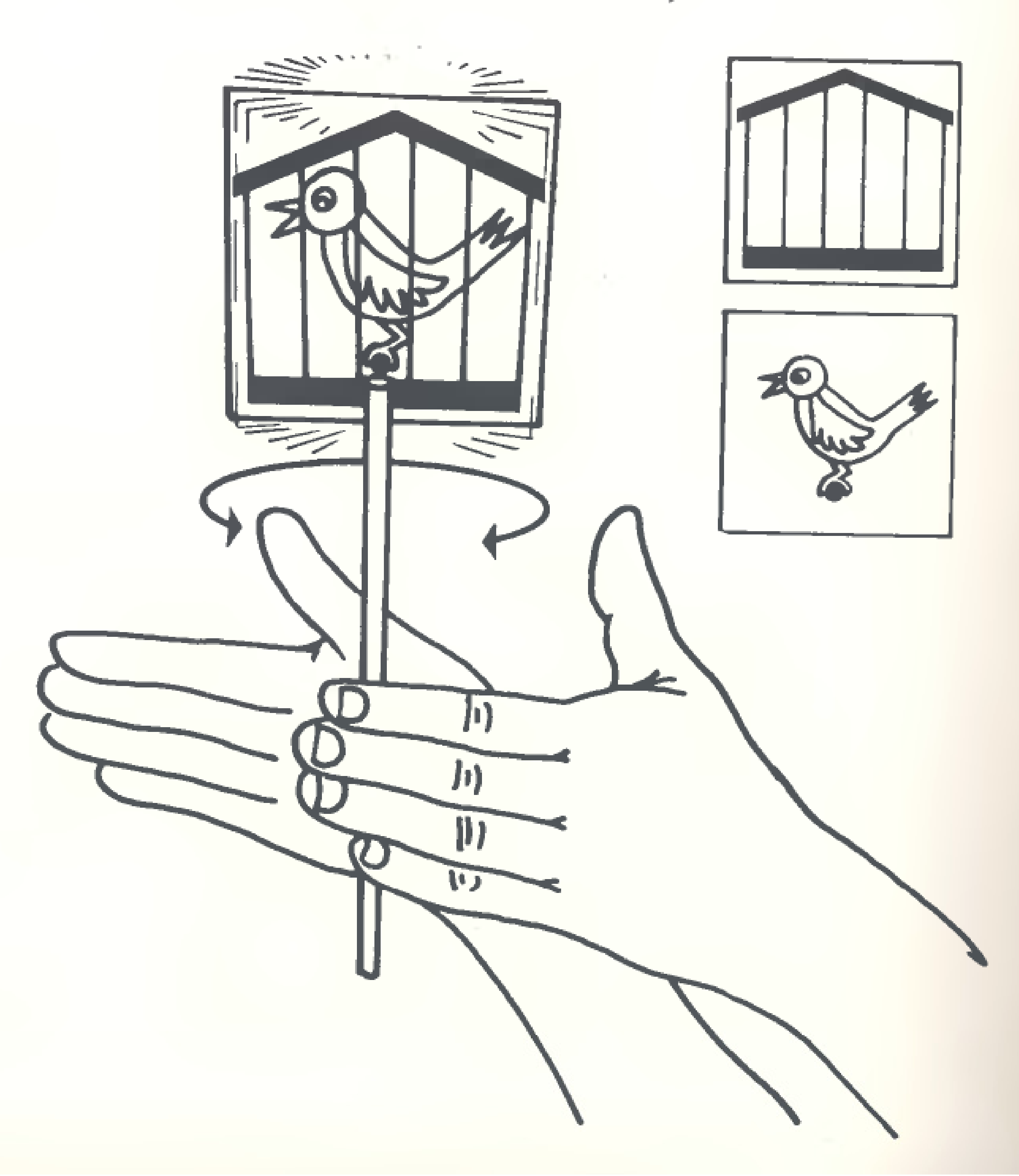

## السَّمَكَةُ في الطّاسِ

لَقَدْ عَرَفَ النّاسُ الصُّوَرَ المُتَحَرِّكَةَ قَبْلَ اخْتِراعِ السِّينَما بِوَقْتٍ طَويلٍ ، ويُمْكِنُكَ أَنْتَ أَيْضًا صُنْعُ شَيْءٍ مِنْ هٰذا القَبيلِ عَلى الوَجْهِ التّالي : – خُذْ بِطاقَةً مِنَ الوَرَقِ المُقَوّى (٦ سم × ٩ سم) وارْسُمْ عَلى أَحَدِ وَجْهَيْها سَمَكَةً وعَلى الوَجْهِ الآخَرِ طاسًا. ثَبِّتْ في مُنْتَصَفِ جانِبَيِ البِطاقَةِ دَبّوسَيْنِ كَمِحْوَرَيِ ارْتِكازٍ لِيَدورا بَيْنَ أَصابِعِ شَوْكَتَيْنِ كَما في الرَّسْمِ. اِسْتَخْدِمْ قَشَّةَ شُرْبٍ لِتَدْويرِ البِطاقَةِ سَريعًا بِالنَّفْخِ ولاحِظْ كَيْفَ تَبْدو السَّمَكَةُ داخِلَ الطّاسِ !

## الكَنارِيُّ في القَفَصِ

الصُّوَرُ المُتَحَرِّكَةُ هِيَ في الواقِعِ نَوْعٌ مِنْ خِداعِ البَصَرِ ، وفي ما يَلِي مِثالٌ آخَرُ مِنْ هٰذِهِ الخُدَعِ البَصَرِيَّةِ :

خُذْ قِطْعَةً مُرَبَّعَةً مِنَ الوَرَقِ المُقَوَّى الأَبْيَضِ طولُ ضِلْعِها ٦ سم وارْسُمْ عَلى أَحَدِ وَجْهَيْها قَفَصًا وعَلى الآخَرِ كَنارِيًّا . أَدْخِلِ البِطاقَةَ في شَقِّ عودٍ مُسْتَديرٍ وابْرُمِ العودَ جيئَةً وذَهابًا بَيْنَ راحَتَيْكَ بِالسُّرْعَةِ القُصْوى فَيَظْهَرَ الكَنارِيّ داخِلَ القَفَصِ !



إنَّ المُعَدَّاتِ الَّتي سَتَحْتاجُها لِلْقِيامِ بِالتَّجارِبِ والاخْتِباراتِ الوارِدَةِ في هٰذا الكِتابِ هِيَ مِنَ النَّوْعِ المَأْمونِ الاسْتِعْمالِ والسَّهْلِ المُتَناوَلِ. اِحْتَفِظْ دَوْمًا بِدَفْتَرٍ تُسَجِّلُ فيهِ مُلاحَظاتِكَ - فَمِنَ الأُمورِ المُهِمَّةِ في مَجالِ الاخْتِبارِ والتَّجارِبِ مُلاحَظَةُ ما يَحْدُثُ في تَجْرِبَةٍ ما لِمُقارَنَتِهِ بِما يَحْدُثُ في تَجْرِبَةٍ تالِيَةٍ. ولِهٰذا السَّبَبِ يَحْتَفِظُ العُلَماءُ بِسِجِلٍّ يُدَوِّنونَ فيهِ نَتائِجَ أَبْحاثِهِمْ.

وحَرِيٌّ بِكَ أَيُّها النَّاشِئُ العَزيزُ التَّشَبُّهُ بِالعُلَماءِ!



سلسلة "العلوم للناشئين"

# عِلْمُ الضَّوْءِ

## (مبادِئُ وَتجارِبُ ميسَّرَة)




تأليف: جُون و دُوروثي پُول
رسوم: دَاوُد پَالمر
وضعهُ بالعربيّة: أحمَد شفيق الخَطيب

مكتبة لبنان



## الضَّوْءُ

إنّا نَنْعَمُ بالعَيْشِ على كَوْكَبٍ جَميلٍ فَريدٍ ، تَحْبوهُ الشَّمْسُ بِالنُّورِ والبَهْجَةِ وتُدَفِّئُهُ بِالحَرارَةِ يابِسَةً وَبَحْرًا فتُزَوِّدُهُ بمُقَوِّماتِ الحَياةِ . وفي كَثيرٍ مِنَ الأَحْيانِ عِنْدَ شُروقِها ومَغيبِها تَمْلأُ الشَّمْسُ سَماءَنا بِأَلْوانِ الشَّفَقِ الرّائِعَةِ المُثيرَةِ .

وتَقَعُ أَحيانًا أَحْداثٌ اسْتِثْنائِيَّةٌ تُؤَثِّرُ في أَلْوانِ السَّماءِ كَما حَدَثَ عامَ ١٨٨٣ ، حينَ ثارَ بُرْكانٌ في جَزيرَةِ كْراكاتو الأَنْدونيسِيَّةِ فَنَسَفَ جُزْءًا مِنْها ، قاذِفًا الأَنْقاضَ عَمودِيًّا إلى ارْتِفاعِ ٤٥ كيلومِترًا وأُفُقِيًّا حَتّى مَدَغَشْقَرَ ، وظَلَّتْ بَقايا غُبارِهِ تُطَوِّفُ في جَوِّ الأَرْضِ عِدَّةَ سَنَواتٍ مُلَوِّنَةً الشَّفَقَ

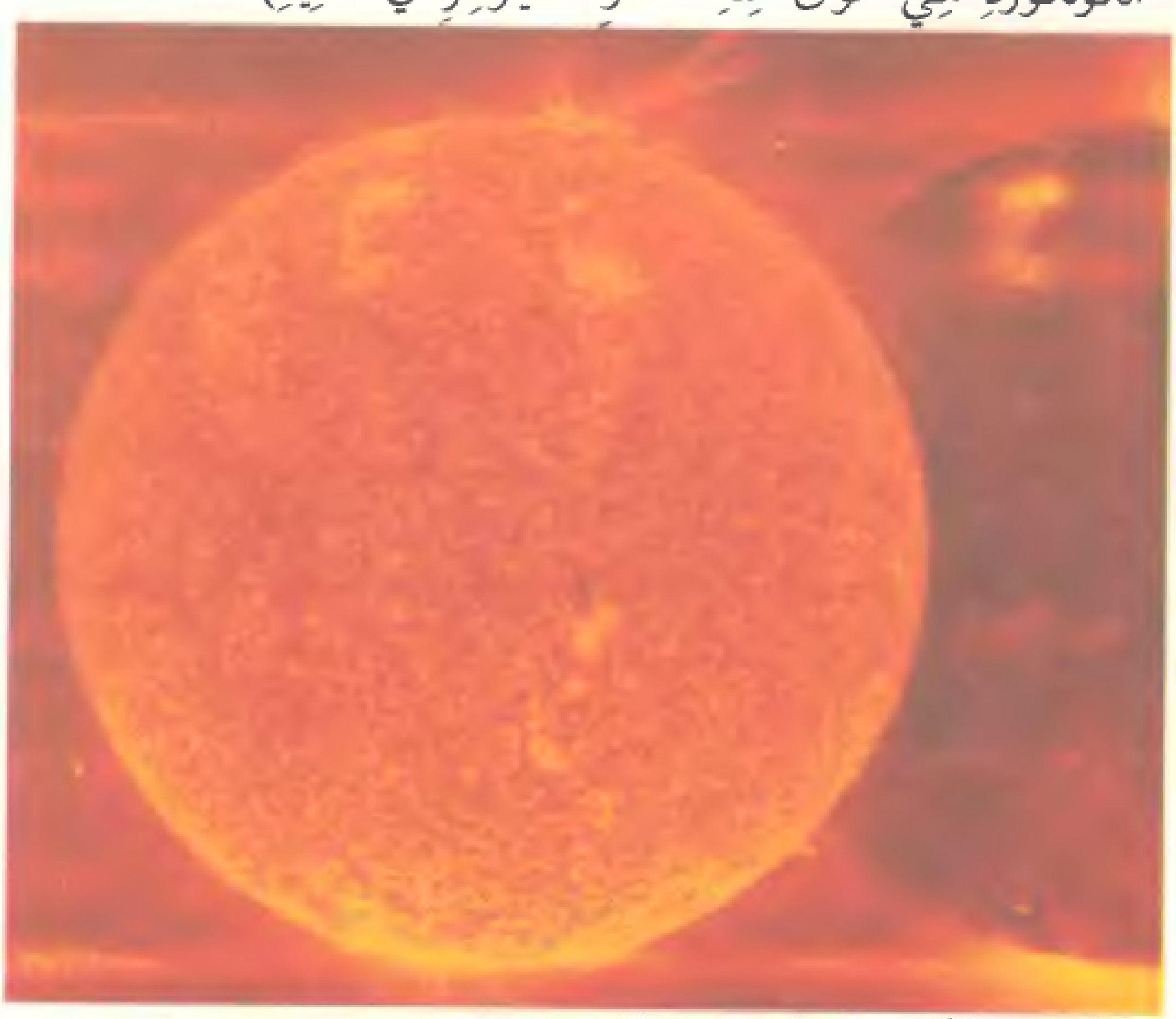
بِحُمْرَةٍ غَيْرِ طَبيعِيَّةٍ لِفَتْرَةٍ طَويلَةٍ. ويُلاحَظُ احْمِرارُ الشَّفَقِ في الصَّحارى بِتَأْثيرِ الغُبارِ الَّذي تَحْمِلُهُ أَنْسامُ المَساءِ غالِبًا.

ولَطالَما فُتِنَ الإنْسانُ بِسِحْرِ الشَّمْسِ ورَوْعَتِها حَتّى إنَّ الإنْسانَ البَدائِيَّ بَنى لَها الأَنْصابَ وعَبَدَها. ولا تَزالُ الشَّمْسُ مَثارَ اهْتِمامِ الإنْسانِ في عَصْرِنا الحاضِرِ تَفَهُّمًا ودِراسَةً واخْتِباراتٍ لِكَشْفِ خَفاياها وتَسْخيرِ طاقَتِها.


شُروقُ الشَّمْسِ (عَبْرَ مِحْرابِ ستونهِنْج الحَجَرِيِّ بِإنْكِلْترا)

## مِنْ أَيْنَ يَأْتينا الضَّوْءُ؟

يَأْتينا الضَّوْءُ مِنَ الشَّمْسِ وهْيَ كُتْلَةٌ مِنَ الغازاتِ المُلْتَهِبَةِ في مَرْكَزِ المَجْموعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، وتُعْتَبَرُ نَجْمًا مُتوسِّطَ الحَجْمِ لكِنَّ قُرْصَها يَبْدو كَبيرًا لِقُرْبِها نِسْبِيًّا مِنَ الأَرْضِ. وضَوْءُ الشَّمْسِ مَصْدَرُ الحَياةِ والطّاقَةِ المُخْتَزَنَةِ في الأَطْعِمَةِ والوُقُدِ مِنْ فَحْمٍ وغازٍ طَبيعيٍّ ونفْطٍ. تَبْعُدُ الشَّمْسُ عَنِ الأَرْضِ حَوالى ١٥٠ مَلْيون كيلومِتْر ويَسْتَغْرِقُ نورُها ثَماني دَقائِقَ في قَطْعِ تِلْكَ المَسافَةِ. وقَدْ ظَلَّتْ سُرْعَةُ الضَّوْءِ تُحَيِّرُ العُلَماءَ حَتّى أَوائِلِ القَرْنِ التّاسِعَ عَشَرَ. وتُقَدَّرُ سُرْعَةُ الضَّوْءِ في الهَواءِ بِـ ٣٠٠ أَلْفِ كيلومِتْرٍ في الثّانِيَةِ أَيْ ما يُعادِلُ الدَّورانَ حَوْلَ الأَرْضِ سَبْعَ مَرّاتٍ ونِصْفَ مَرَّةٍ – وهْيَ سُرْعَةٌ لا يُمْكِنُ تَوْقيتُها بالسّاعَةِ المُوَقِّتَةِ. (لِلْمُقارَنَةِ نَذْكُرُ أَنَّ سُرْعَةَ طائِرَةِ الكونْكورْدِ هِيَ حَوالى سِتَّةِ أَعْشارِ الكيلومِتْرِ في الثّانِيَةِ).



الشَّمْسُ وخَيالُها (كَما يَبْدُوانِ مِنَ الفَضاءِ الخارِجِيِّ)



مِنَ النُّجومِ ما هُوَ أَسْطَعُ مِنَ الشَّمْسِ ، والكَثيرُ مِنْها يُؤلِّفُ صُوَرًا نَجْمِيَّةً رائِعَةً نَراها في السَّماءِ لَيْلًا. وقَدِ اكْتَشَفَ الفَلَكِيُّونَ بِاسْتِخْدامِهِم المَراقِبَ (التِّلِسْكوباتِ) القَوِيَّةَ أَنَّ أَقْرَبَ النُّجومِ السّاطِعَةِ إِلَيْنا بَعْدَ الشَّمْسِ هُوَ حَضارِ (أَلْفا قَنْطورس) ؛ ويَسْتَغْرِقُ الضَّوْءُ المُنْطَلِقُ مِنْهُ أَرْبَعَ سَنَواتٍ لِيَصِلَنا (قاطِعًا ٣٠٠ أَلْفِ كيلومِتْرٍ كُلَّ ثانِيَةٍ) – وهٰذا يَعْني أَنَّ الفَلَكِيَّ يَرى حَضارِ بِالضَّوْءِ الَّذي انْطَلَقَ مِنْهُ قَبْلَ أَرْبَعِ سَنَواتٍ ! ومِنَ النُّجومِ ما هِيَ مِنَ البُعْدِ بِحَيْثُ إِنّا حينَ نَراها تَتَلأْلأُ في السَّماءِ لَيْلًا لا نَسْتَطيعُ الجَزْمَ ما إِذا كانَتْ ماثِلَةً بَعْدُ أَمْ تَلاشَتْ !

## فاعِلِيَّةُ الضَّوْءِ

تُشْرِقُ الشَّمْسُ صَباحًا وتَغيبُ مَساءً – ولَوْ أَنَّ الشَّمْسَ تَتَفَجَّرُ فَجْأَةً لَكانَتِ الأَرْضُ تَغْرَقُ في ظَلامٍ دامِسٍ بَعْدَ ثَماني دَقائِقَ ، وسُرْعانَ ما يَبْرُدُ البَحْرُ وَاليابسَةُ ويَهْلِكُ كُلُّ شَيْءٍ.

وضَوْءُ الشَّمْسِ بِالإضافَةِ إلى كَوْنِهِ يُتيحُ لَنا الرُّؤْيَةَ والدِّفْءَ فَهْوَ ضَروريٌّ لِلنَّباتاتِ الخَضْراءِ الَّتي هِيَ مَصْنَعُ الغِذاءِ الرَّئيسيِّ لِلإنْسانِ والحَيَوانِ. وتُجَهِّزُ النَّباتاتُ غِذاءَها عَنْ طَريقِ التَّركيبِ الضَّوْئيِّ ، وهْيَ تَنْمو دائمًا في الاتِّجاهِ الَّذي يَسْمَحُ لَها بِالحُصولِ عَلى القَدْرِ الأَوْفَرِ مِنْهُ . وهٰذا يُفَسِّرُ انْتِحاءَ سوقِ النَّباتاتِ المَنْزِلِيَّةِ نَحْوَ مَصْدَرِ الضَّوْءِ. فإذا

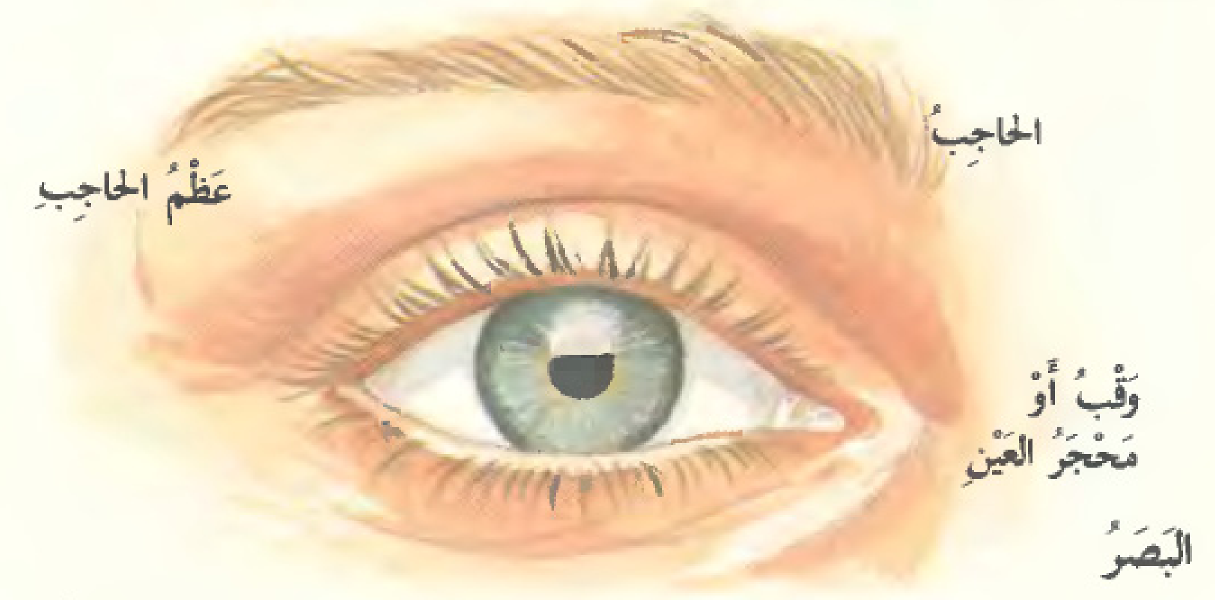


لاحَظْتَ هٰذا الانْتِحاءَ في نَبْتَةٍ بِمَنْزِلِكُمْ فأَدِرْها إلى الاتِّجاهِ المُعاكِسِ وراقِبْها لِبِضْعَةِ أَيّامٍ. لاحِظْ كَيْفَ يَعْتَدِلُ ساقُ النَّبْتَةِ ثُمَّ يُعاوِدُ الانْتِحاءَ باتِّجاهِ ضَوْءِ الشَّمْسِ.

ضَعْ نَبْتَةً مَنْزِلِيَّةً في الظُّلْمَةِ لِمُدَّةِ أُسْبوعَيْنِ (مُداوِمًا رِيَّها كَيْلا تَموتَ). ماذا يَحْدُثُ لِأَوْراقِها الخَضْراءِ؟ غَطِّ عُشْبَ مَرْجَةٍ بِقِطْعَةٍ مِنَ الخَشَبِ الرَّقائِقِيِّ لِبِضْعَةِ أَيّامٍ وَلاحِظْ تَغَيُّرَ لَوْنِ العُشْبِ.

أَنْبِتْ بَعْضَ بُزورِ الخَرْدَلِ والرَّشادِ فَوْقَ إسْفَنْجَةٍ رَطْبَةٍ في طَبَقٍ صَغيرٍ. ضَعِ الطَّبَقَ في صُندوقٍ مِنَ الوَرَقِ المُقَوَّى وغَطِّهِ. اِقْطَعْ ثَقْبًا في جانِبِ الصندوقِ وضَعْهُ على عَتَبَةِ الشُّبّاكِ والثَّقْبُ بِاتِّجاهِ الضَّوْءِ. داوِمْ إرْواءَ البُزورِ وراقِبْها بِانْتِظامٍ. لاحِظِ انْتِحاءَ البادِراتِ وانْحِناءَ سوقِها نَحْوَ الضَّوْءِ عَبْرَ الثَّقْبِ.

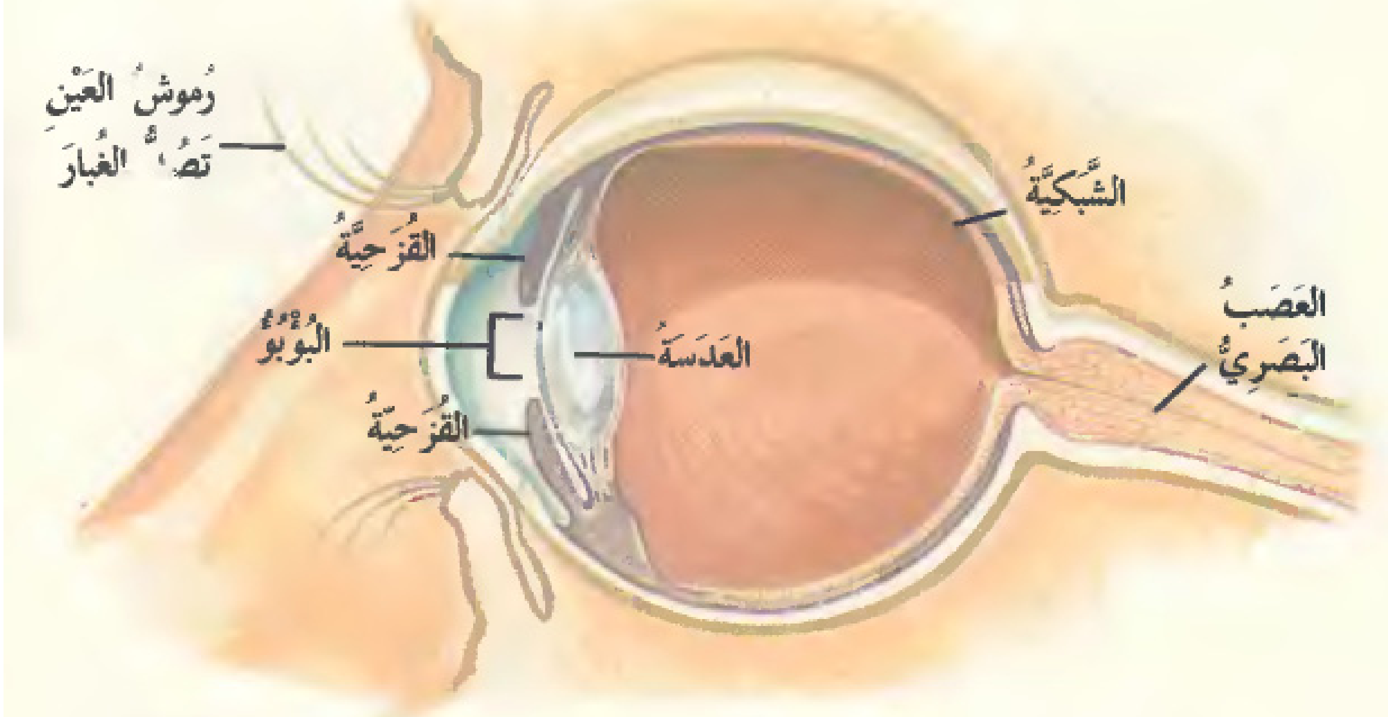





## البَصَرُ

يَتَمَتَّعُ الإنْسانُ بِحَواسَّ خَمْسٍ يُدْرِكُ بِها العالَمَ مِنْ حَوْلِهِ. فَنَحْنُ نَشُمُّ وَنَسْمَعُ ونَلْمَسُ وَنَتَذَوَّقُ ونُبْصِرُ – ونِعْمَةُ البَصَرِ هِيَ الأَهَمُّ، فَهْيَ تُعينُنا في إيجادِ الغِذاءِ والماءِ والمَأْوى وتجَنُّبِ المَخاطِرِ.

وتَعْتَمِدُ الرُّؤْيَةُ على حَساسِيَةِ شَبَكِيَّةِ العَيْنِ لِلضَّوْءِ الَّذي يَصْدُرُ مِنَ الجِسْمِ أَوْ يَنْعَكِسُ عَنْهُ



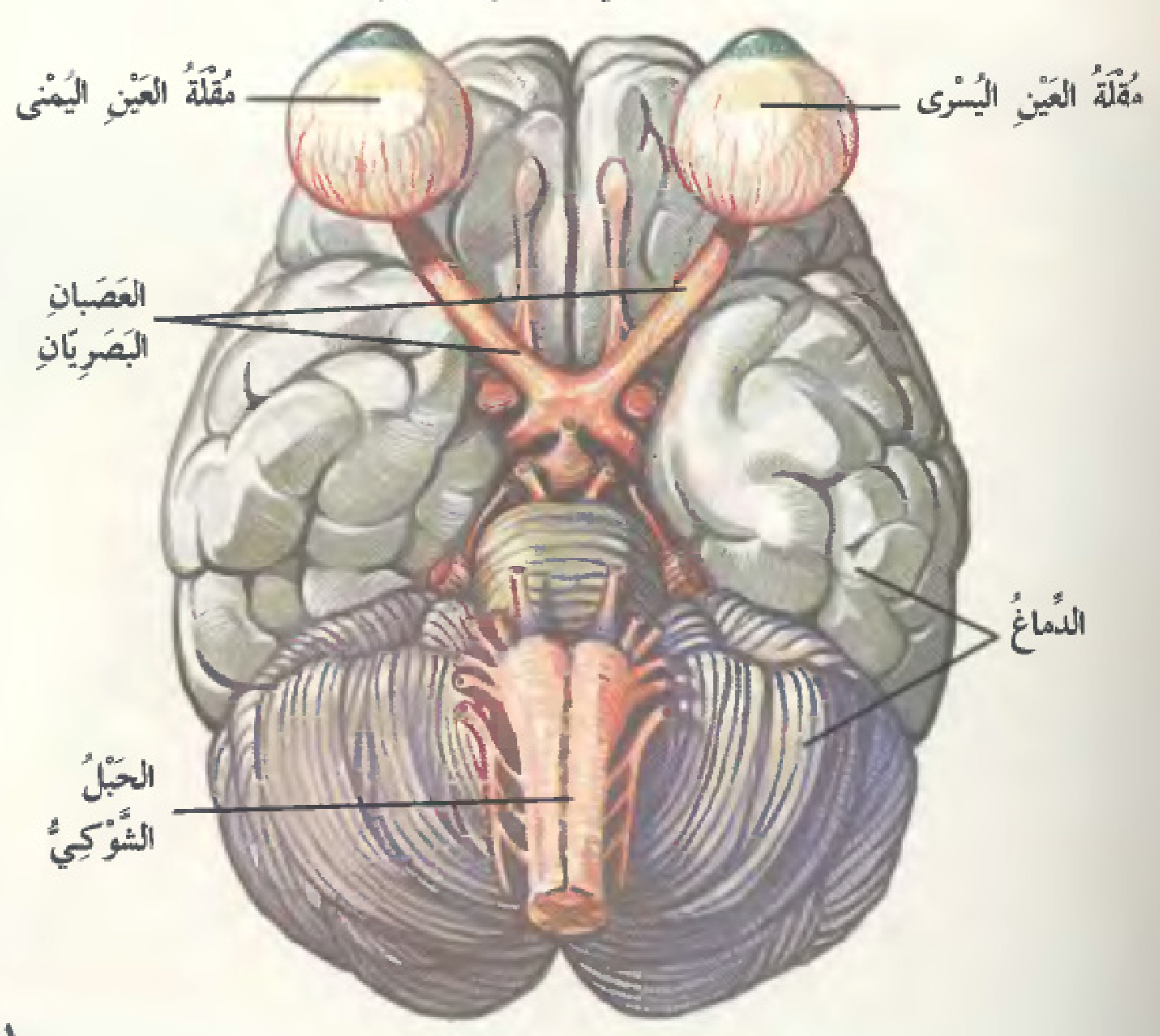

حَدِّقْ في مِرْآةٍ في غُرْفَةٍ مُعتمَةٍ ولاحِظْ تَركيبَ العَيْنِ الظّاهِرَ. إنَّ البُؤْبُؤَ هُوَ الفُتْحَةُ المُسْتَديرَةُ في القُزَحِيَّةِ ويَبْدو أَسْوَدَ لِأَنَّ باطِنَ العَينِ أَسْوَدُ (تَمامًا كَداخِلِ آلةِ التَّصْويرِ). ويَتَّسِعُ البُؤْبُؤُ تِلْقائِيًّا في العَتَمَةِ لٰكِنَّهُ يَضيقُ

إذا اشْتَدَّ النُّورُ – وهٰذا ما تَلْحَظُهُ حينَ تَفْتَحُ السَّتائِرَ أَوْ تُنيرُ الغُرْفَةَ – هَلْ يُمْكِنُكَ رُؤْيَةُ تَقَلُّصِ البُؤْبُؤِ؟

وتُبَطِّنُ الشَّبَكِيَّةُ خَلْفِيَّةَ (أَوْ قَعْرَ) العَيْنِ ، وعلَيْها تتكَوَّنُ صُوَرُ المَرْئيّاتِ (وكأَنَّها الفيلْمُ في آلَةِ التَّصْوير) . وتَتَّصِلُ الشَّبَكِيَّةُ بِالعَصَبِ البَصَرِيِّ الَّذي يَحْمِلُ الإحْساساتِ إلى الدِّماغِ وهْوَ يُتَرجِمُ لَنا ما نُبْصِرُهُ .

والعِنايَةُ بِالعَيْنَيْنِ هِيَ أَمْرٌ بالِغُ الأَهَمِّيَّةِ – بِالرُّغْمِ مِنْ أَنَّهُما مُجَهَّزَتانِ بِحِمايَةٍ طَبيعِيَّةٍ مِنَ الرُّموشِ والأَجْفانِ والوَقْبَيْنِ العَظْمِيَّيْنِ في الجُمْجُمَةِ . راعِ عَيْنَيْكَ دائمًا وتَحاشَ التَّحْديقَ في نورٍ ساطِعٍ وبِخاصَّةٍ التَّحديقَ في قُرْصِ الشَّمْسِ مُباشَرَةً ، فإِنَّهُ مُتْلِفٌ لِلشَّبَكِيَّةِ الحَسَّاسَةِ .

مَنْظَرٌ سُفْلِيٌّ لِلْعَيْنَيْنِ والدِّماغِ



## نَموذَجٌ يُبَيِّنُ عَمَلَ العَيْنِ

اِمْلَأْ طاسًا زُجاجِيًّا شَفّافًا بِالماءِ النَّقِيِّ. اُثْقُبْ ثَقْبًا صَغيرًا في لَوْحٍ أَسْوَدَ مُرَبَّعٍ مِنَ الوَرَقِ المُقَوّى (لِيُمَثِّلَ البُؤْبُؤَ في القُزَحِيَّةِ) وَثَبِّتِ اللَّوْحَ (بِالبِلاستيسينِ) بِمُحاذاةِ الطّاسِ. ثُمَّ ثَبِّتْ شَمْعَةً قَصيرَةً (بِالبِلاستيسينِ) عَلى مَقْرُبَةٍ مِنَ اللَّوْحِ وَأَشْعِلْ فَتيلَتَها. عَتِّمِ الغُرْفَةَ وَأَمْسِكْ بِلَوْحٍ أَبْيَضَ مِنَ الوَرَقِ المُقَوّى خَلْفَ الطّاسِ بِمُسامَتَةِ الشَّمْعَةِ (لِيُمَثِّلَ الشَّبَكِيَّةَ). حَرِّكِ اللَّوْحَ جَيْئَةً وَذَهابًا لِتَتَكَوَّنَ عَلَيْهِ صورَةٌ واضِحَةٌ لِلشَّمْعَةِ. لَقَدْ سارَ نورُ الشَّمْعَةِ عَبْرَ الثَّقْبِ (في اللَّوْحِ الأَسْوَدِ) وَعَبْرَ الطّاسِ لِيُكَوِّنَ هٰذِهِ الصّورَةَ مَقْلوبَةً وَمُصَغَّرَةً. إِنَّ الصُّوَرَ عَلى شَبَكِيَّةِ العَيْنِ هِيَ أَيْضًا مُصَغَّرَةٌ وَمَقلوبَةٌ وَلٰكِنَّ الدِّماغَ يُتَرْجِمُ لَنا المُعْطَياتِ البَصَرِيَّةَ مِنْ حَيْثُ ماهِيَّتُها وَحَجْمُها وَبُعْدُها عَلى الوَجْهِ الصَّحيحِ.



يَظُنُّ البَعْضُ خطأً أنَّ القِطَطَ قادِرَةٌ على الرُّؤْيَةِ في الظَّلامِ الدّامِسِ. والحَقيقَةُ أنَّ كِبَرَ البُؤْبُؤِ لَدَيْها يُمكِّنُها مِنَ الرُّؤْيَةِ جيِّدًا في نورٍ خافِتٍ.



## العُيونُ في الكائِناتِ الحيَّةِ

يُبْصِرُ الإنْسانُ بناظِرَيْهِ مُصَوَّبَيْنِ في الاتِّجاهِ الواحِدِ، ويَلْتَقِطُ الدِّماغُ الصُّورَتَيْنِ فيُتَرْجِمُهُما صورَةً مَدْموجَةً واحِدَةً ثُلاثِيَّةَ الأَبْعادِ – وهذا ما نُسَمِّيهِ بالرُّؤْيَةِ المُفرَدَةِ. أمّا إذا كانَتْ إحْدى العَيْنَيْنِ شارِدَةً لِعِلَّةٍ فيَظْهَرُ هَدَفُها في غَيْرِ مَكانِهِ ويَرى الشَّخْصُ صورَتَيْنِ، وهيَ حالَةُ الشَّفْعِ (أوِ الرُّؤْيَةِ المُزْدَوِجَةِ). والرُّؤْيَةُ المُزْدَوِجَةُ غالِبَةٌ عِنْدَ بَعْضِ الطُّيورِ كالصَّقْرِ. أمّا الحِرْباءُ فعَيْناها دوّارَتانِ وتَعْمَلُ كُلٌّ مِنْهُما مُسْتَقِلَّةً. وتَتَّخِذُ عُيونُ الأسْماكِ في أعْماقِ البَحْرِ وَضْعًا في أعْلى الرَّأْسِ لِتَرى ما فَوْقَها.

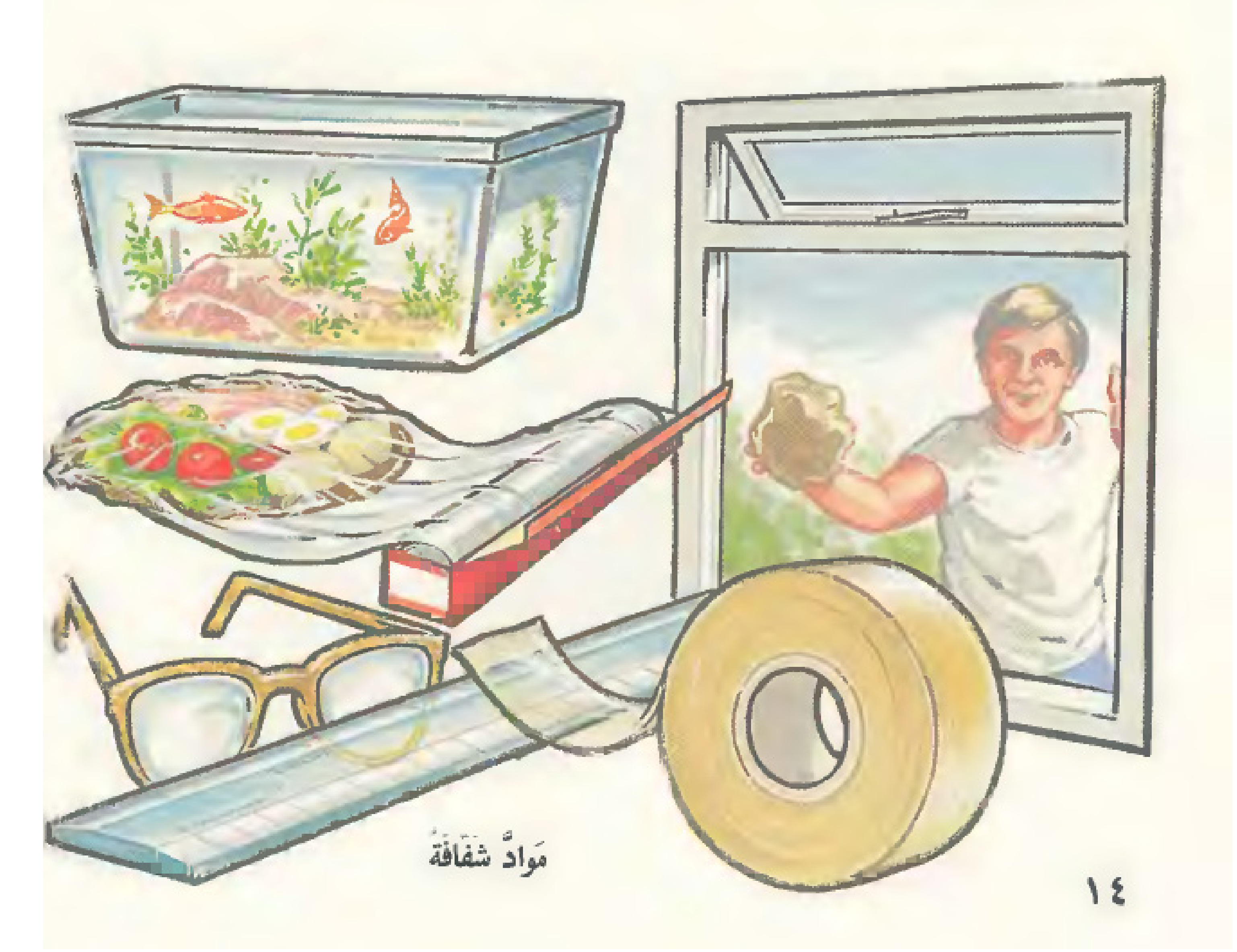
ولِلْجَمَلِ وبَعْضِ الطَّيْرِ جَفْنٌ ثالِثٌ شفّافٌ يَقي العَيْنَ مِنَ الغُبارِ. ولِلنَّحْلِ والذُّبابِ عُيونٌ مُرَكَّبَةٌ تتألَّفُ واحِدَتُها مِنْ مِئاتِ العَدَساتِ الدَّقيقَةِ.

## الشّفافيّة للضَّوْء

مُعْظَمُ الأَشْياءِ الَّتي تَراها حَوْلَكَ لا تُنْفِذُ الضَّوْءَ بَلْ تَعْكِسُهُ مِنَ الشَّمْسِ أَوْ مِنْ مَصْدَرٍ ضَوْئِيٍّ وَتُصْبِحُ مَرْئِيَّةً بِذٰلِكَ. وبَعْضُ الأَجْسامِ كَالماءِ والزُّجاجِ تُنْفِذُ الضَّوْءَ فَنَرى عَبْرَها بِوُضوحٍ ونُسَمِّيها شَفّافَةً. عَدِّدْ بَعْضَ الأَجْسامِ الشَّفّافَةِ واللّاشَفّافَةِ مِنْ حَوْلِكَ.

وهُنالِكَ أَجْسامٌ تَسْمَحُ بِمُرورِ الضَّوْءِ عَبْرَها ولٰكِنَّها تَنْشُرُهُ في أَرْجاءٍ مُخْتَلِفَةٍ فَنَرى الصُّورَةَ عَبْرَها مُشَوَّشَةً ضَبابِيَّةً ونُسَمِّيها شَفَّةً أَوْ نِصْفَ شَفّافَةٍ كَالزُّجاجِ المُسَنْفَرِ وَالنّايلونِ السَّميكِ والضَّبابِ.

لِاخْتِبارِ شَفافِيَّةِ الجِسْمِ أَمْرِرْ عَبْرَهُ حُزْمَةً مِنَ الأَشِعَّةِ في حُجْرَةٍ مُعْتَمَةٍ ولاحِظْ إِنْ كانَتْ تَنْفُذُ كَحُزْمَةٍ أَوْ تَنْفُذُ مُسْتَطيرَةً مُنْتَشِرَةً أَوْ لا تَنْفُذُ أَبَدًا.



مَوادُّ شَفّافَة




والأَجْسامُ الَّتي لا تُنْفِذُ الضَّوْءَ نُسَمِّيها كَمْداءَ أَوْ غَيْرَ شَفَّافَةٍ. وهْيَ تَعْكِسُ الضَّوْءَ السّاقِطَ عَلَيْها إلى الهَواءِ مِنْ حَوْلِها فنَراها ، كَما هِيَ الحالُ في هٰذِهِ الصَّفْحَةِ الَّتي تَقْرَأُها. إلّا أَنَّ بَعْضَ الضَّوْءِ السّاقِطِ يَمْتَصُّهُ الجِسْمُ الأَكْمَدُ فيَتَحَوَّلُ إلى طاقَةٍ حَرارِيَّةٍ. لٰكِنَّ ارْتِفاعَ دَرَجَةِ الحَرارَةِ يَكادُ لا يُذْكَرُ (فلا خَوْفَ أَنْ تَسْخُنَ الوَرَقَةُ أَمامَكَ بِالضَّوْءِ إلى دَرَجَةِ الاِشْتِعالِ). لٰكِنْ يُمْكِنُ الكَشْفُ عَنْ ذٰلِكَ الاِرْتِفاعِ بِتِرْمومِتْرٍ حَسّاسٍ.



أَلْعابُ الظِّلالِ في المَلْعَبِ

## الظِّلالُ

قَبْلَ السِّينَما بِقُرونٍ عَديدَةٍ كانَتْ تُقَدَّمُ تَمْثيلِيّاتٌ بإلْقاءِ ظِلالِ الأَشْخاصِ أَوِ الدُّمى عَلى سِتارٍ ، وَكانوا يُسَمّونَها خَيالَ الظِّلِّ.

ويُمْكِنُ للأَعِزّاءِ الصِّغارِ أَيْضًا الاِسْتِمْتاعُ بِأَلْعابِ الظِّلالِ في يَوْمٍ مُشْمِسٍ مُعْتَدِلٍ. حاوِلْ مَثَلًا تَشْكيلَ تَماثيلَ مُتَبايِنَةٍ باتِّخاذِ أَوْضاعٍ جُسْمانِيَّةٍ مُخْتَلِفَةٍ واطْلُبْ مِنْ زَميلٍ لَكَ تَحْديدَها عَلى أَرْضِ المَلْعَبِ بالطَّبْشورِ. كَما يُمْكِنُ المُنافَسَةُ في مَجالِ الظِّلالِ – والرّابِحُ هُوَ مَنْ يَجْعَلُ خَيالَه الأَطْوَلَ أَوِ الأَضْخَمَ أَوِ الأَصْغَرَ !

هٰذِهِ الأَلْعابُ تَجْعَلكَ تُدْرِكُ اتِّجاهَ الظِّلِّ بالنِّسْبَةِ إلى مَصْدَرِ الضَّوْءِ.

راقِبْ ظِلَّ شَيءٍ ثابتٍ قُرْبَ مَنْزِلِكُمْ - عَمود التِّلِغْرافِ أَوْ عَمود الإنارَةِ مَثَلًا. عَلِّمْ مَوْقِعَ الظِّلِّ في السّاعَةِ التّاسِعَةِ والعاشِرَةِ والثّانِيَةَ عَشْرَةَ ظُهْرًا، ثُمَّ في الثّانِيَةِ والرّابعَةِ بَعْدَ الظُّهْرِ. هَلْ بِإمْكانِكَ صُنْعُ مِزْوَلَةٍ (ساعَةٍ ظِلِّيَّةٍ) تُبَيِّنُ الوَقْتَ مِنْ مُراقَبَةِ اتِّجاهِ الظِّلِّ عَلى سَطْحٍ مُدَرَّجٍ؟

إنَّ أَكْبَرَ مِزْوَلَةٍ هِيَ الَّتي صُنِعَت عامَ ١٧٢٤ في الهِنْدِ وهِيَ تُغَطّي مِساحَةَ فَدّانٍ، وَيَبْلُغُ ارْتِفاعُ عَمودِها ثَلاثينَ مِتْرًا.

## الظِّلُّ وشِبْهُ الظِّلِّ

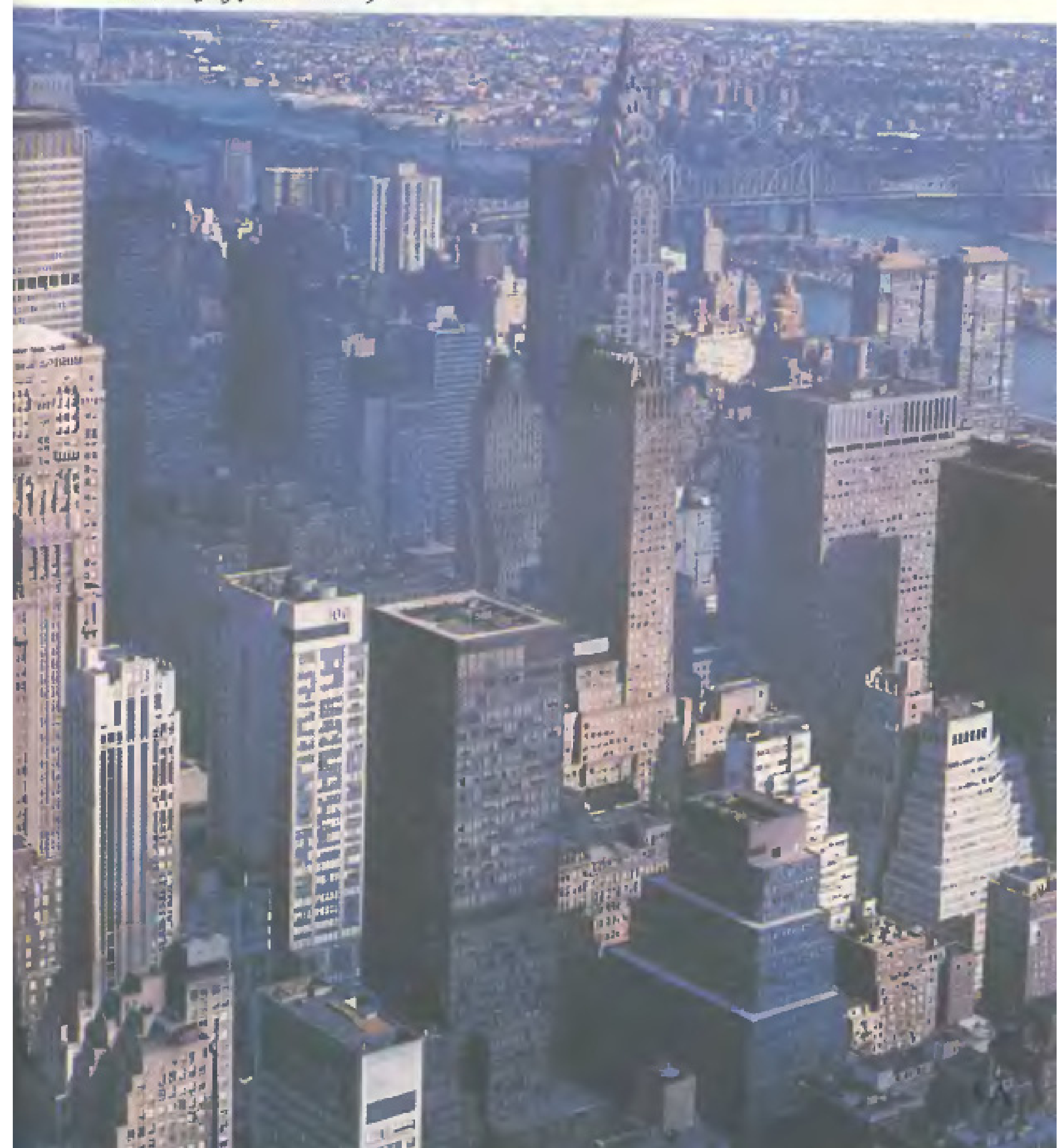
عِندما لا يَكونُ مَصْدَرُ الضَّوْءِ نُقْطِيًّا يَبْدو الظِّلُّ ظِلَّيْنِ مُتَراكِبَيْنِ - أَحَدُهُما مَرْكَزِيٌّ أَسْوَدُ لا يَصِلُهُ نورُ المَصْدَرِ لا مِنْ وَسَطِهِ ولا مِنْ أَطْرافِهِ، وَهُوَ الظِّلُّ؛ والآخَرُ حافِّيٌّ أَقَلُّ سَوادًا يَصِلُهُ نورٌ مِنْ أَحَدِ جَوانِبِ المَصْدَرِ فَقَطْ، وَهُوَ شِبْهُ الظِّلِّ. عَتِّمِ الغُرْفَةَ ووَجِّهْ نورَ مِصْباحٍ يَدَوِيٍّ نَحْوَ عُلْبَةٍ أَو قِطْعَةِ شِطْرَنْجٍ، وعَلِّمْ نِطاقَيِ الظِّلِّ وشِبْهِ الظِّلِّ لِلمُقارَنَةِ.



## الخُسوفُ والكُسوفُ

تُلْقي الغُيومُ أَحْيانًا ظِلالًا تُغَطّي مِساحاتٍ كَبيرَةً حاجِبَةً عَنْها نورَ الشَّمْسِ أَوْ بَعْضَهُ. وتُلْقي بَعْضُ ناطِحاتِ السَّحابِ ظِلالًا تَمْتَدُّ بَعيدًا أَوْ تَسْقُطُ عَلى مَبانٍ مُجاوِرَةٍ. وأَطْولُ الظِّلالِ وأَوْسَعُها هِيَ المُلْقاةُ في ساعاتِ الصَّباحِ الباكِرِ أَوْ أَواخِرِ العَصْرِ. كَيْفَ تُعَلِّلُ ذٰلِكَ؟ ما هُوَ أَطْوَلُ الظِّلالِ في جيرَتِكُمْ؟

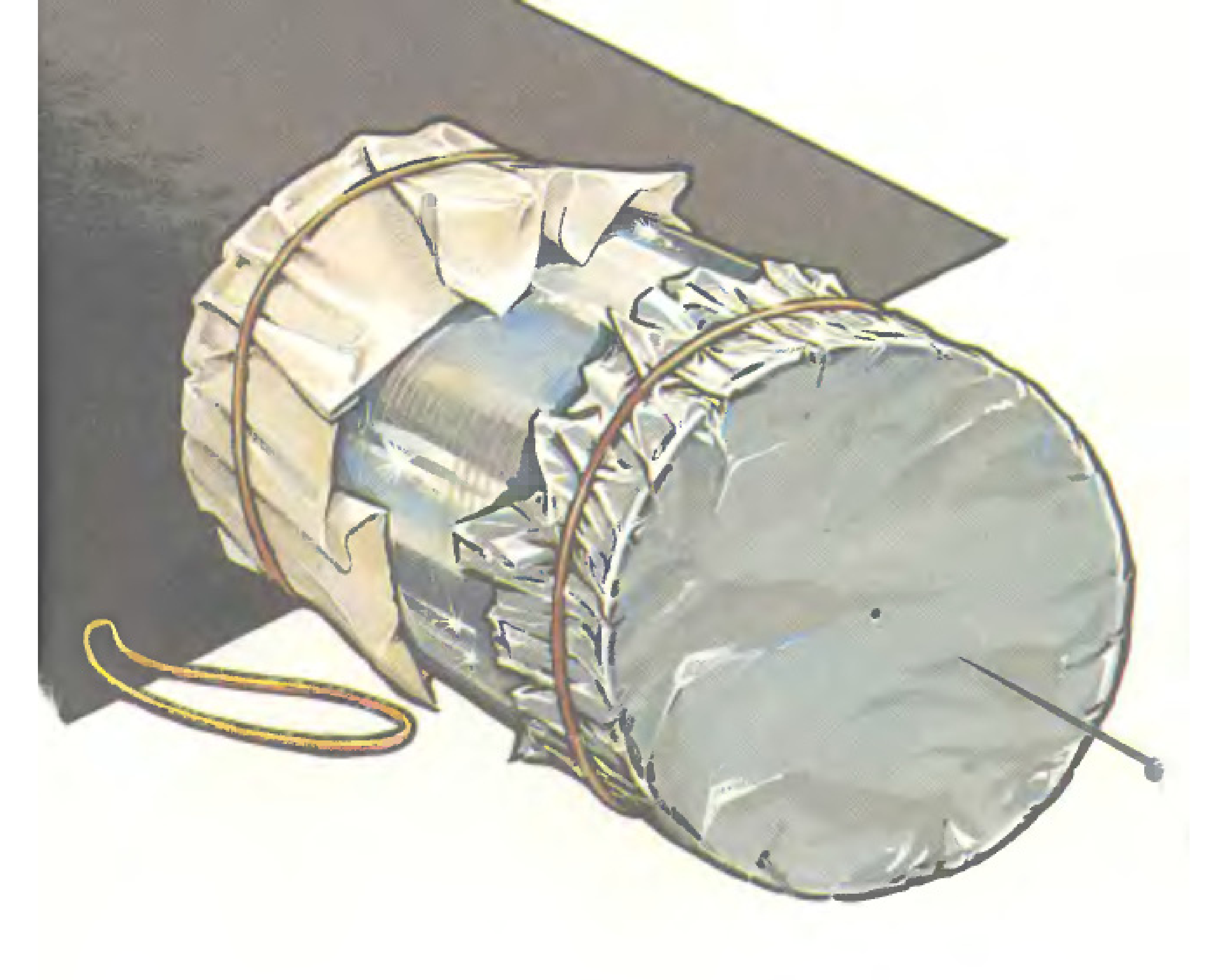
ناطِحاتُ سَحابٍ في نيويورْك





يَحْدُثُ الخُسوفُ حينَما تَحُلُّ الأَرْضُ بَيْنَ الشَّمْسِ والقَمرِ فَتحْجُبُ عَنْهُ نورَ الشَّمْسِ ويَغْمُرُهُ ظِلُّها (عَلى بُعْدِ ٥٠٠ أَلْفِ كيلومِتْرٍ). واذا مَرَّتِ الشَّمْسُ في ظِلِّ القَمرِ احْتَجَبَتْ عَنِ الأَرْضِ وحَدَثَ كُسوفٌ. ويَحْدُثُ الكُسوف في بَدْءِ الشَّهْرِ القَمَريِّ بَيْنَما يَحْدُثُ الخُسوف في مُنْتَصَفِهِ.

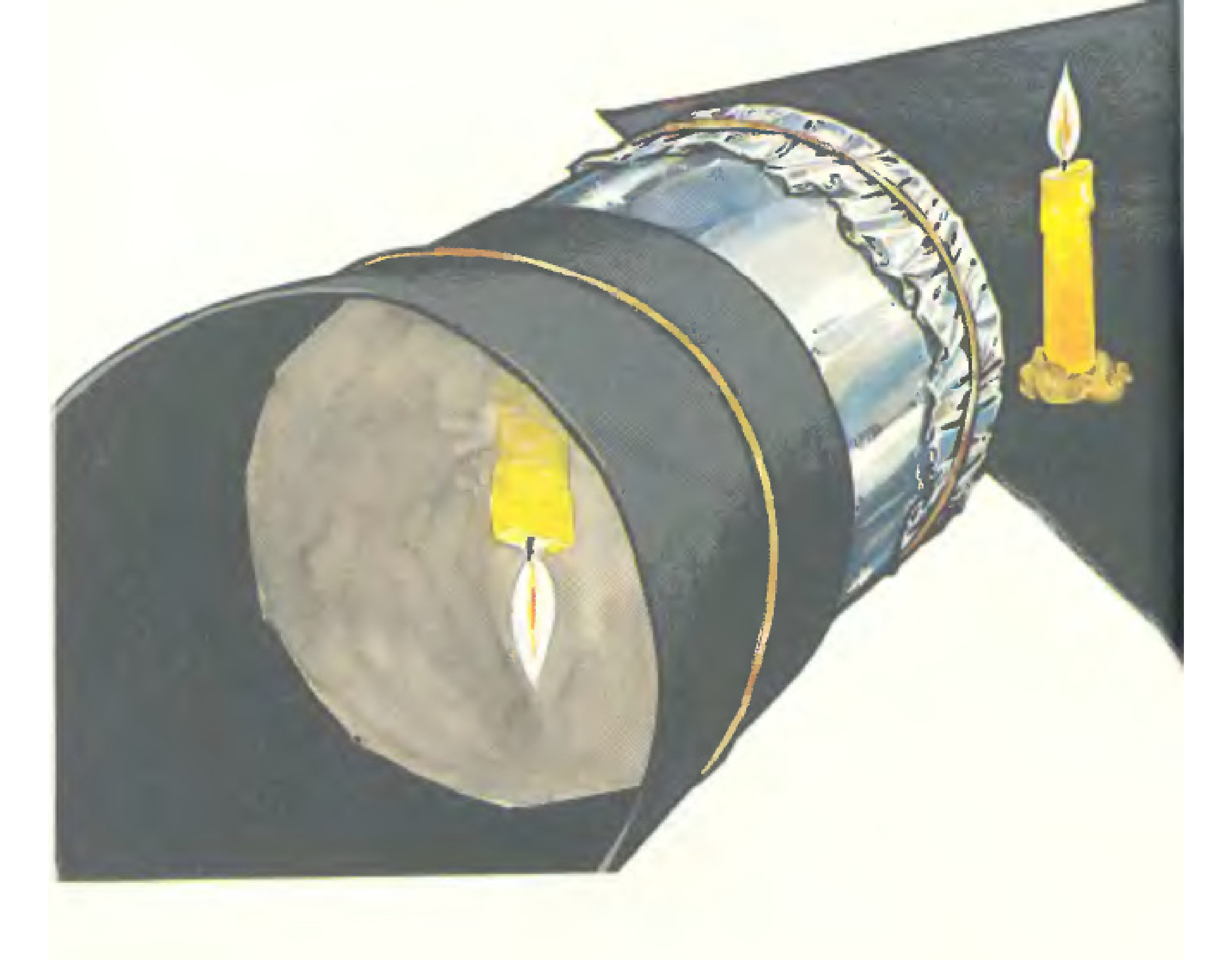
ولِبَيانِ ظاهِرَةِ الكُسوفِ خُذْ طابَةَ كُرَةِ الطّاوِلَةِ (مُمَثِّلًا بِها القَمَرَ) وضَعْها مُقابِلَ مِصْباحٍ كَهْرَبائيٍّ عَلى بُعْدِ حَوالى نِصْفِ مِتْرٍ مِنْ إِحْدى عَيْنَيْكَ. أَغْمِضِ العَيْنَ الأُخرى وأَبْعِدْ عَنِ المِصْباح تَدْريجيًّا حَتّى تَبْدُوَ الكُرَةُ والمِصْباحُ بالحَجْمِ نَفْسِهِ. حَرِّكِ الكُرَةَ فَتَرى عَيْنُكَ النُّورَ، أَعِدْها بِمُسامَتَةِ العَيْنِ والمِصْباحِ فَيَنْكَسِفُ الضَّوْءُ عَنْ عَيْنَيْكَ.



## المِنْظارُ ذو الثَّقْب

صَنَعَ العُلَماءُ مِثْلَ هٰذا المِنْظارِ مُنْذُ مئاتِ السِّنين لِيُبَيِّنوا أَنَّ الضَّوْءَ يَسيرُ في خُطوطٍ مُسْتَقيمَةٍ. وبإمْكانِكَ أَنْ تَصْنَعَ مِثْلَ هٰذا المِنْظارِ بِسُهولَةٍ مِنْ مَوادَّ مُتَوافِرَةٍ في المَنْزِلِ عادَةً.

خُذْ عُلْبَةً مَعْدِنِيَّةً صَغيرَةً فارِغَةً وافْتَحْ طَرَفَها الآخَرَ (بِفَتَّاحَةِ عُلَبٍ دون تَرْكِ حافَّةٍ حادَّةٍ) لِتُصْبِحَ كالأُنْبوبِ. غَطِّ أَحَدَ طَرَفَي العُلْبَةِ بِوَرَقَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ وثَبِّتْها حَوْلَ العُلْبَةِ بِرِباطٍ مَطّاطيٍّ ثُمَّ اثْقُبِ الوَرَقَةَ المَعْدِنِيَّةَ بِدَبّوسٍ في مَرْكَزِها. غَطِّ الطَّرَفَ الآخَرَ لِلْعُلْبَةِ بِوَرَقَةِ اسْتِشْفافٍ وثَبِّتْها بِرِباطٍ مَطّاطيٍّ

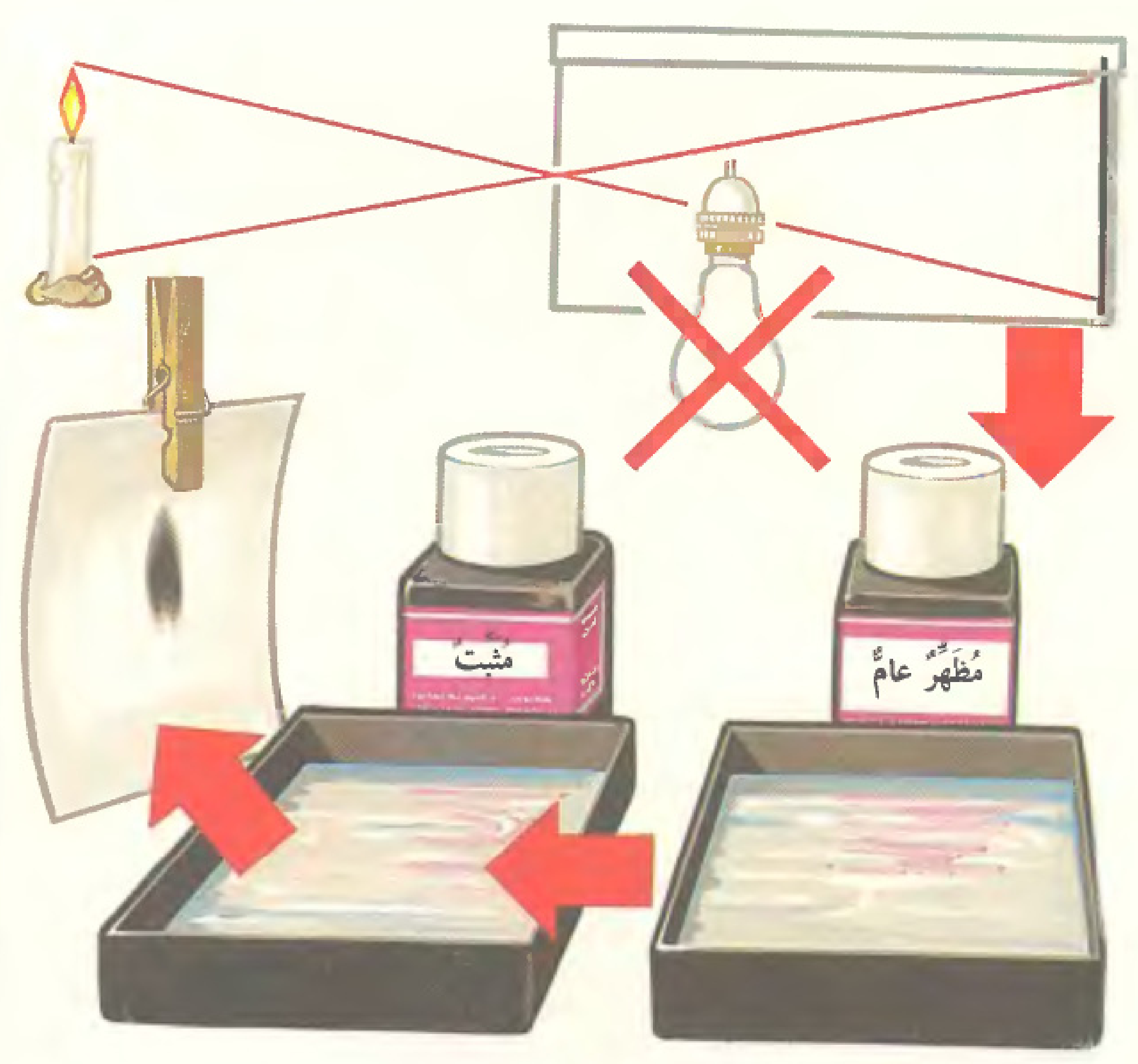


كَستارةٍ لِلمِنْظارِ. ولاستِخْدامِ هٰذا المِنْظارِ نَهارًا ظَلِّلِ السّتارةَ بِلَفِّ ورَقةٍ سَوْداءَ حَوْلَ العُلْبَةِ تُكْسِبُها مَزيدًا مِنَ الطّولِ.

ثَبِّت شَمْعَةً على مِنْضَدةٍ في غُرْفَةٍ مُعَتَّمَةٍ (حَذارِ مِن انْقِلابِ الشَّمْعَةِ والتَّسَبُّبِ في حَريقٍ). وَجِّهِ المِنْظارَ نَحْوَ الشَّمْعَةِ ولاحِظِ الصُّورَةَ عَلى السِّتارَةِ. إنَّ الصُّورَةَ تَظْهَرُ مَقلوبَةً لِأَنَّ أَشِعَّةَ الضَّوْءِ مِنْ أَعْلى اللَّهَبِ وأَدْنى الشَّمْعَةِ تَتَقاطَعُ في سَيْرِها عَبْرَ الثَّقْبِ فَتَكَوَّنُ الصُّورَةَ عَلى السِّتارَةِ مَقلوبَةً.

يُمْكِنُكَ صُنْعُ آلَةِ تَصْويرٍ بَسيطَةٍ (تُعْرَفُ باسْمِ الكاميرا ذاتِ الثَّقْبِ) لِلتَّصويرِ بِالأَسْوَدِ والأَبْيَضِ مِنْ عُلْبَةِ حِذاءٍ مَثْقوبَةِ المَرْكَزِ في أَحَدِ جانِبَيْها. ثَبِّتْ وَرَقَةَ تَصْويرٍ فوتوغْرافِيٍّ بِشَريطٍ لاصِقٍ في داخِلِ جانِبِ العُلْبَةِ المُقابِلِ لِلثَّقْبِ في غُرْفَةٍ مُعْتَمَةٍ. غَطِّ العُلْبَةَ جَيِّدًا ثُمَّ ثَبِّتْ حَوْلَ الثَّقْبِ بِالشَّريطِ اللّاصِقِ غَلَقًا مِنَ الوَرَقِ المُقَوّى لِحَجْبِ النُّورِ فَتُصبِحِ الكاميرا جاهِزَةً لِلتَّصْويرِ. أَشْعِلِ الشَّمْعَةَ كَما في التَّجْرِبَةِ السّابِقَةِ وثَبِّتْها أَمامَ الثَّقْبِ ثُمَّ افْتَحِ الغَلَقَ عَشْرَ دَقائِقَ.






إنَّ وَرَقَ التصويرِ الفوتوغرافيِّ حَسّاسٌ للضَّوْءِ ، لِذا فإنَّ النِّطاقَ مِنْهُ الَّذي يَتَعَرَّضُ للضَّوْءِ يَحولُ لَوْنُهُ . اِرْفَعِ الوَرَقَةَ بَعْدَ التَّعْريضِ وعالِجْها بالتَّظْهيرِ والتَّثْبيتِ فَوْرًا وإلّا اسْوَدَّتْ كُلُّها . يُمْكِنُكَ الحُصولُ عَلى سائلِ التَّثبيتِ مِنْ حانوتِ المُصَوِّرِ ، وبتَطْبيقِ التَّعليماتِ تَحْصُلُ عَلى صورةٍ ثابِتَةٍ .

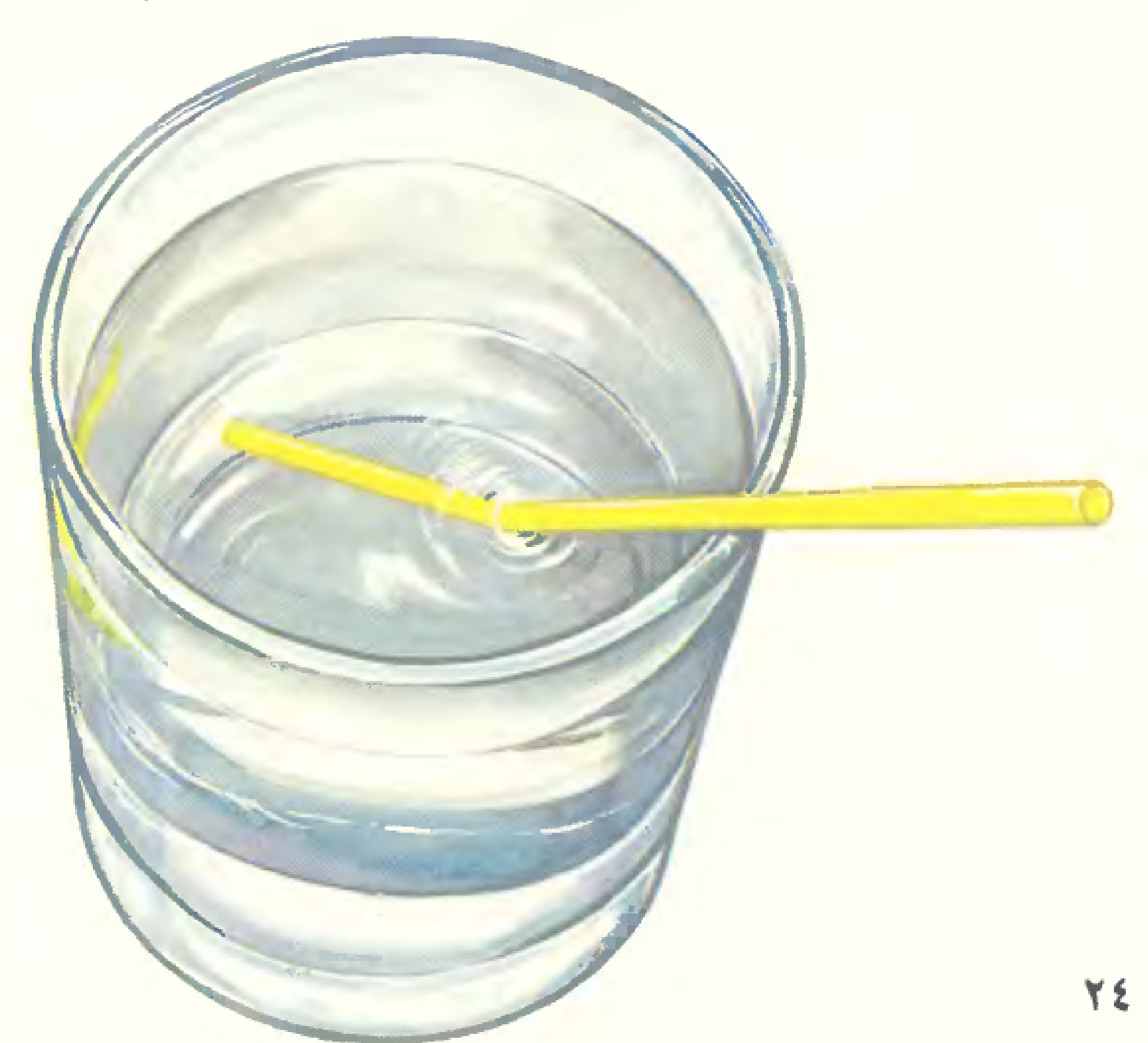
إنَّ الزَّمَنَ الأَمْثَلَ للتَّعْريضِ يحَدَّدُ بالاِخْتِبارِ ، فالثَّقْبُ الدَّقيقُ يُمِرُّ القَليلَ مِنَ الضَّوْءِ . وإذا وَسَّعْتَهُ لِتَقْليلِ زَمنِ التَّعريضِ فإنَّ الصُّورةَ سَتَبْدو ضبابِيَّةً طامِسَةً

## اِنْكِسارُ الضَّوْءِ

يَسيرُ الضَّوْءُ في خُطوطٍ مُسْتَقيمَةٍ كَما يَتَبَيَّنُ لَكَ إذا راقَبْتَ اتِّجاهَ أَشِعَّةِ النُّورِ لَيْلًا مِنْ مِصْباحِ جَيْبٍ كَهْرَبائِيٍّ أَوْ مِنْ مِصْباحِ سَيّارَةٍ كَشّافٍ. وَكَذا إذا نَظَرْتَ عَبْرَ أُنْبوبٍ أَوْ نَبْريجٍ مُسْتَقيمٍ ثُمَّ حَنَيْتَهُ فإنَّ الرُّؤْيَةَ تَنْقَطِعُ.

لٰكِنَّ الضَّوْءَ يَنْحَني أَوْ يَنْكَسِرُ عِنْدَما يَنْتَقِلُ مِنْ وَسَطٍ شَفّافٍ إلى آخَرَ مُخْتَلِفِ الكَثافَةِ. وَكانَ الحَسَنُ بنُ الهَيْثَمِ (٩٦٥–١٠٣٩ م) رائِدًا في دِراسَةِ ظاهِرَةِ الاِنْكِسارِ قَبْلَ أَنْ يُسَجِّلَها العالِمُ الهولَنْديُّ وِلْبورد سْنِل عامَ ١٦٢١ م.

اِغْمِسْ قَشَّةَ شُرْبٍ في كوبِ ماءٍ ولاحِظِ انْحِناءَها الظّاهِرِيَّ عِنْدَ



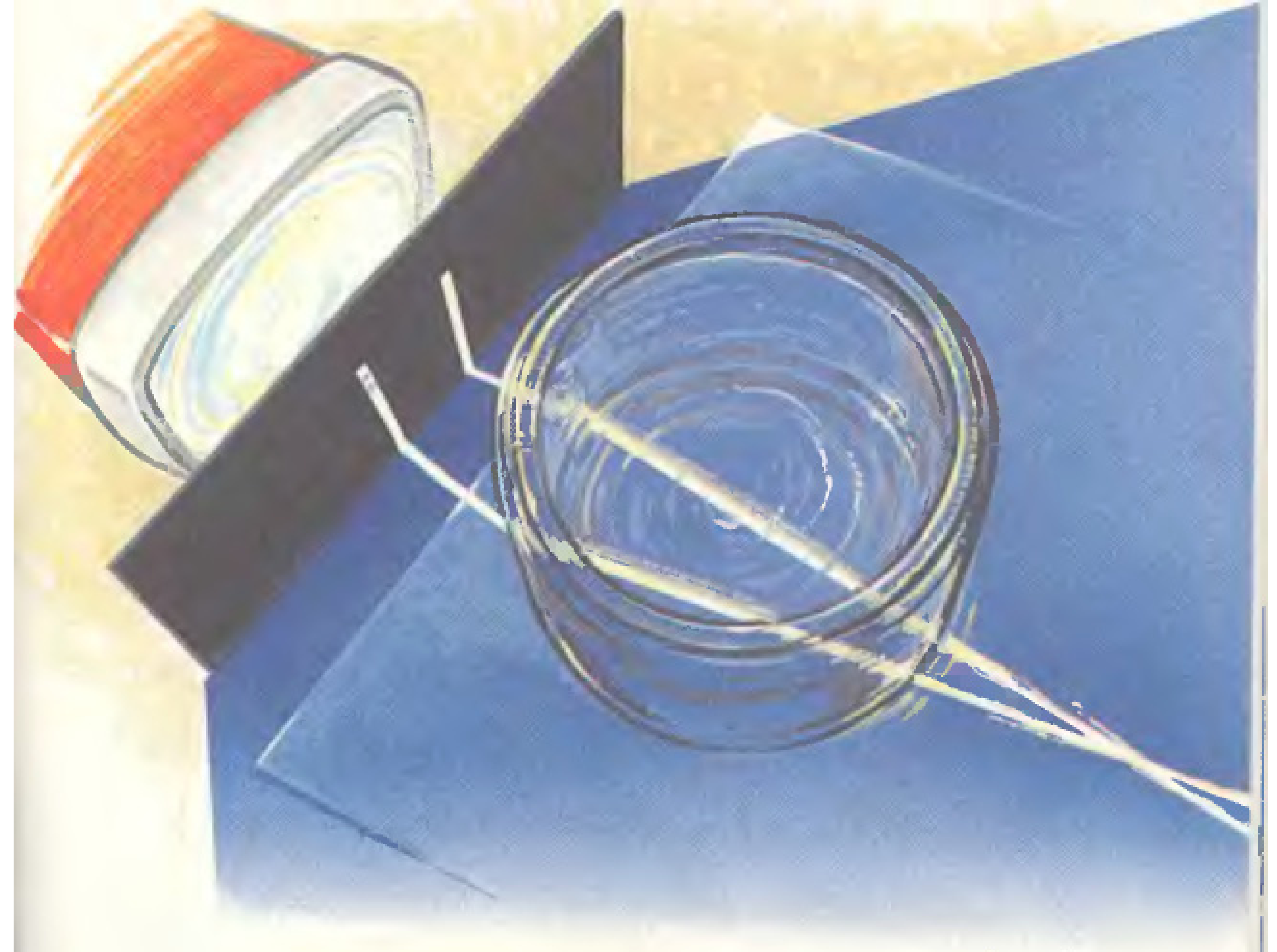
سَطْحِ الماءِ. إنَّ امْتِدادَ الجُزْءِ المَغْمورِ يَبْدو مَحْنِيًّا بالنِّسْبَةِ إلى جُزْءِ القَشَّةِ غَيْرِ المَغْمورِ – والسَّبَبُ هُوَ انْكِسارُ أَشِعَّةِ الضَّوْءِ عِنْدَ انْتِقالِها مِنَ الماءِ إلى الهَواءِ.

ضَعْ حَصاةً في قَعْرِ طَبَقٍ طاسِيٍّ على مِنْضَدةٍ. اِبْتَعِدْ عَنِ المِنْضَدَةِ وأَنْتَ تَنْظُرُ إلى الحَصاةِ حَتّى تَخْتَفِيَ الحَصاةُ عَنْ ناظِرَيْكَ خَلْفَ حافَّةِ الطَّبَقِ. اِبْقَ في هٰذا الوَضْعِ بَيْنَما يَصُبُّ زَميلٌ لَكَ الماءَ بِعِنايَةٍ في الطَّبَقِ، ماذا تُلاحِظُ؟ كَيْفَ تُفَسِّرُ ذٰلِكَ؟

إنَّ الضَّوءَ المُنْعَكِسَ عَنِ الحَصاةِ يَنْحَني عِنْدَ سَطْحِ الماءِ فَتَراها. وهٰكذا تَبْدو بِرَكُ الحَدائِقِ وبِرَكُ السِّباحَةِ أَقَلَّ عُمْقًا مِمّا هِيَ عَلَيْهِ في الواقِعِ.

كَذٰلِكَ تَلْحَظُ انْحِناءَ خَطٍّ الجِلْدِ في الوَجْهِ تَحْتَ النَّظّاراتِ الطِّبِّيَّةِ لِلسَّبَبِ نَفْسِهِ.



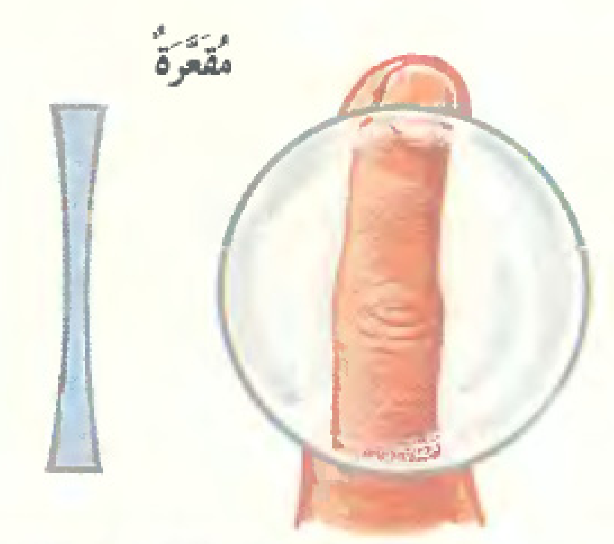


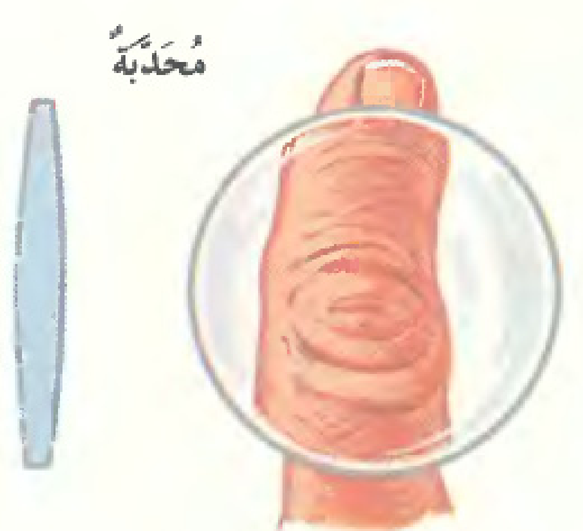
## العَدَساتُ

تُسْتَخْدَمُ العَدَساتُ في النَّظّاراتِ والميكْروسكُوباتِ (المَجاهِرِ) والتِّلِسْكوباتِ (المَراقِبِ) والكاميراتِ وأَجْهِزَةِ العَرْضِ السِّينَمائِيِّ وغَيْرِها مِنَ الأَجْهِزَةِ البَصَرِيَّةِ. والعَدَسَةُ في عَيْنِ الإِنْسانِ (ص ١٠) جُزْءٌ مُهِمٌّ في تَرْكيبِها. ولِتِبْيانِ عَمَلِ العَدَساتِ أَمْرِرْ شُعاعَيْنِ مِنْ مِصباحٍ جَيْبٍ عَبْرَ شَقَّيْ لَوْحٍ كَرْتونِيٍّ يَبْعُدُ أَحَدُهُما عَنِ الآخَرِ سَنْتيمِتْرَيْنِ. تَلَقَّ الشُّعاعَيْنِ بِمَرْطَبانٍ صَغيرٍ مَليءٍ بالماءِ فَوْقَ صَفْحَةِ وَرَقٍ بَيْضاءَ. أَضِفْ إلى الماءِ بِضْعَ نِقاطٍ مِنَ اللَّبَنِ بِقَشَّةِ شُرْبٍ. ماذا يَحْدُثُ لِلشُّعاعَيْنِ؟ إِنَّهُما يَتَلامَّانِ ويَتَلاقَيانِ خَلْفَ المَرْطَبانِ في نُقْطَةٍ هِيَ البُؤْرَةُ. لِأَفْضَلِ النَّتائِجِ أَجْرِ هٰذِهِ التَّجْرِبَةَ في غُرْفَةٍ مُعْتَمَةٍ.

مَرْطَبانُ الماءِ عَمِلَ كَعَدَسَةٍ مائِيَّةٍ لَمَّتِ الأَشِعَّةَ في بُؤْرَةٍ.

بَعْضُ العَدَساتِ أَثْخَنُ في الوَسَطِ مِنْها في الحَوافِّ وَنُسَمِّيها عَدَساتٍ مُحَدَّبَةً (ومَرْطبانُ الماءِ عدسةٌ من هٰذا القَبيلِ) ، وأُخرى أَثْخَنُ في الحَوافِّ مِنْها في الوَسَطِ ونُسَمِّيها عَدَساتٍ مُقَعَّرَةً .




## العَدَسَةُ الحارِقَةُ

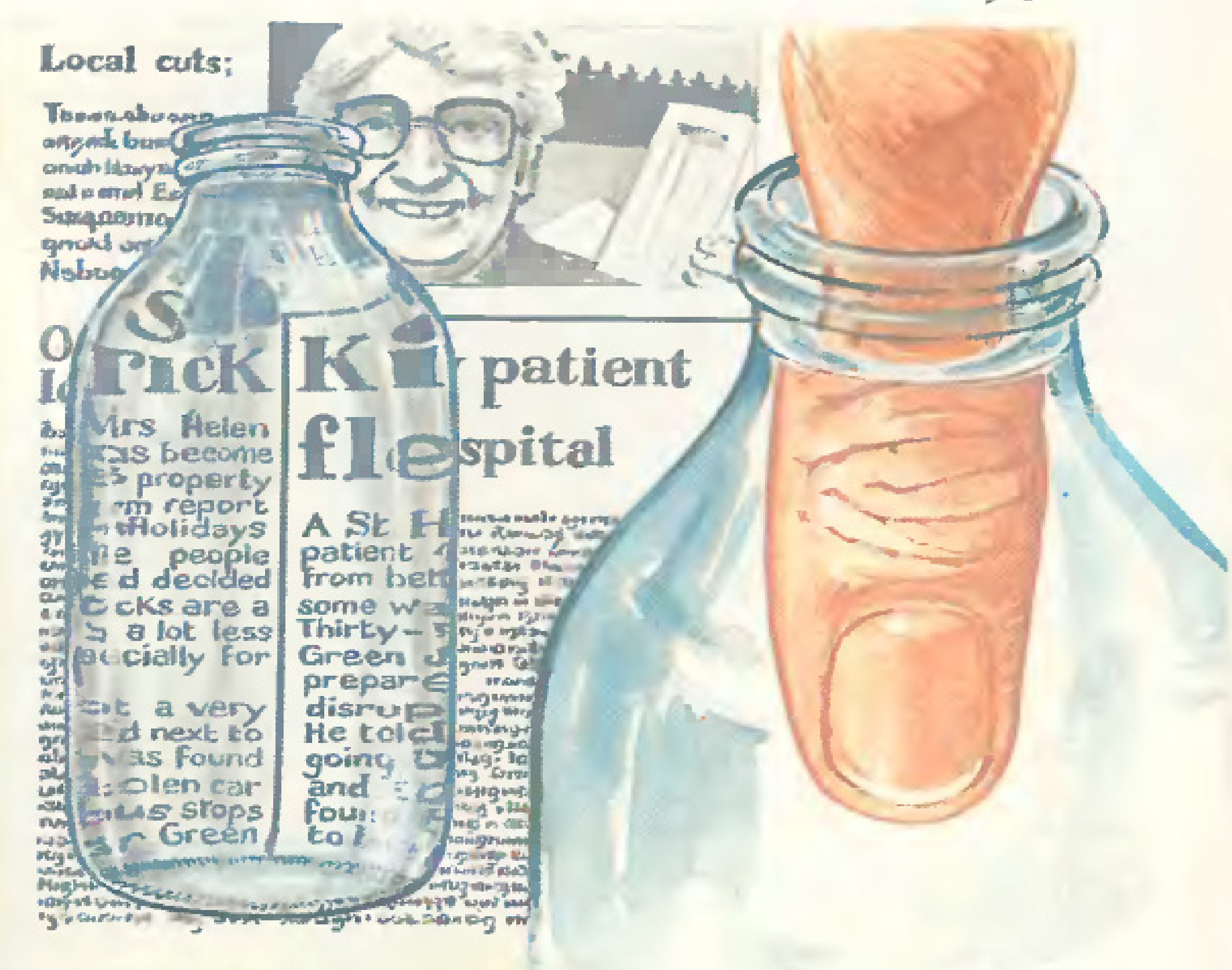
كَيْفَ يُسَبِّبُ طاسُ السَّمَكِ الصِّغارِ حَريقًا في مَنْزِلٍ؟ لَقَدْ تَسَبَّبَتْ أَوْعِيَةُ تَرْبِيَةِ السَّمَكِ الكُرَوِيَّةُ هٰذِهِ (وهْيَ عَدَساتٌ مُحَدَّبَةٌ) في حَرائِقَ غامِضَةٍ مُتَعَدِّدَةٍ . فالطّاسُ على عَتَبَةِ الشُّبّاكِ يَتَلَقّى أَشِعَّةَ الشَّمْسِ فَيُرَكِّزُها في بُؤْرَةٍ على سَجّادَةٍ ، مثلاً ، فتَلْتَهِبُ .

والعَدَساتُ المُحَدَّبَةُ كُلُّها قادِرَةٌ على تَرْكيزِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ في بُؤْرَةٍ ، ولِهٰذا تُدْعى أَحْيانًا عَدَساتٍ حارِقَةً . وَكَمْ مِنْ حَريقٍ في غابَةٍ كانَ سَبَبُهُ كعوبَ القَناني .



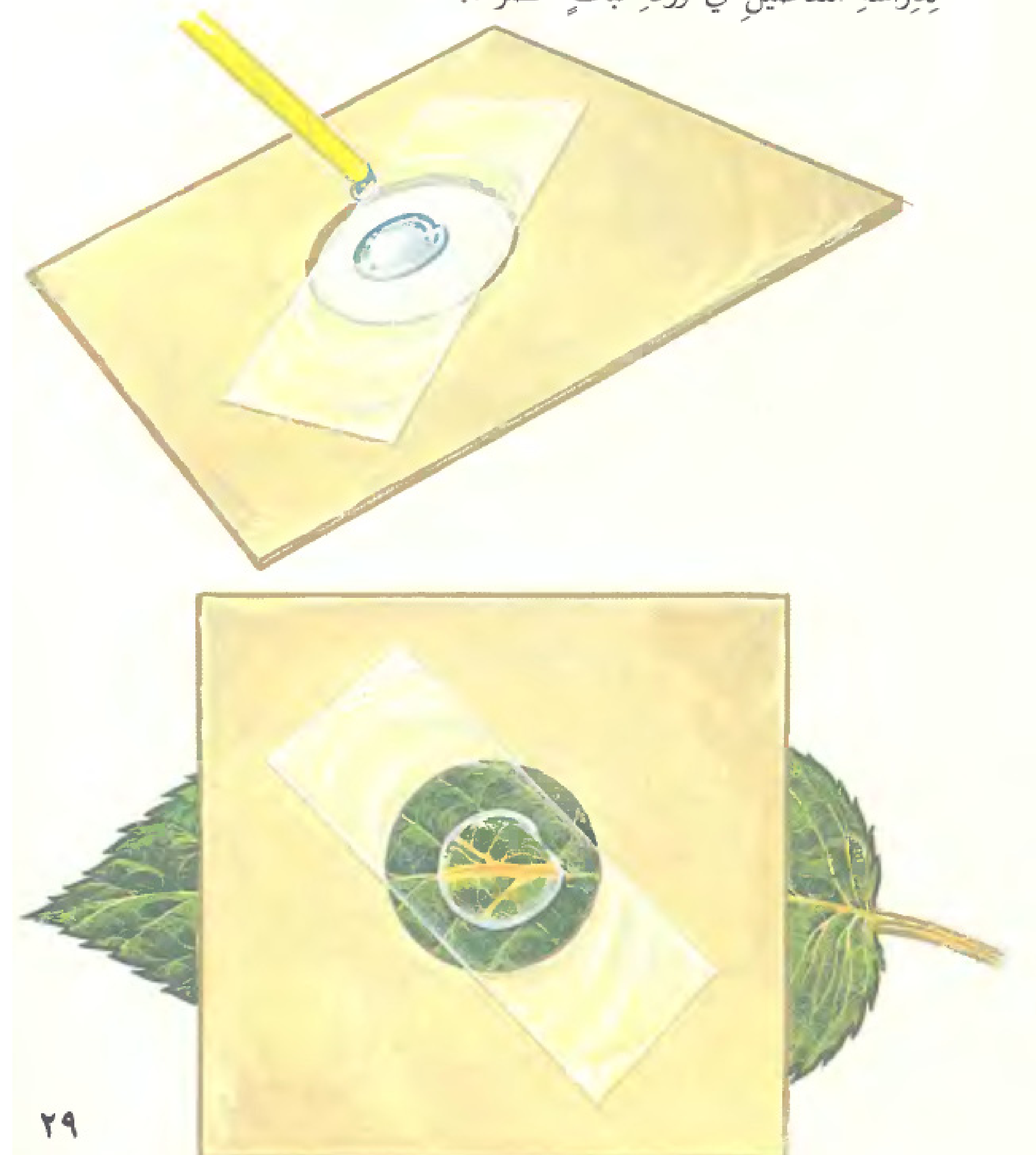
## عَدَسَةُ التَّكْبيرِ

تُعْرَفُ العَدَسَةُ الحارِقَةُ غالِبًا بِعَدَسَةِ التَّكبيرِ أَوِ العَدَسَةِ المُكَبِّرَةِ وتَبْدو الأَشْياءُ عَبْرَها مُكَبَّرَةَ الحَجْمِ – وتُسْتَخْدَمُ كَمِجْهَرٍ بَسيطٍ لِتَبَيُّنِ الأَشْياءِ الدَّقيقَةِ.




وتَسْتَطيعُ صُنْعَ عَدَسَةٍ مُكَبِّرَةٍ مِنْ قِنِّينَةِ لَبَنٍ نَظيفَةٍ تَمْلأُها بالماءِ. ضَعْ جَريدَةً خَلْفَ القِنِّينَةِ ولاحِظْ حَجْمَ الحُروفِ والكَلِماتِ. قَدِّرْ قُوَّةَ تكْبيرِ العَدَسَةِ بِمُقارَنَةِ كَلِمَةٍ مُعَيَّنَةٍ مَعَ قِياسِها الأَصْلِيِّ. اِغْمِسْ إِصْبَعَكَ داخِلَ القِنِّينَةِ وَلاحِظِ التَّكْبيرَ النّاتِجَ. إنَّ الماءَ في القِنِّينَةِ يَعْمَلُ كَعَدَسَةٍ مُكَبِّرَةٍ، كَما إنَّ نِقاطَ الماءِ الصَّغيرَةَ تَعْمَلُ هِيَ أَيْضًا كَعَدَسَاتٍ دَقيقَةٍ مُكَبِّرَةٍ.

وإلَيْكَ الطَّريقَةَ لِصُنْعِ عَدَسَةٍ مُكبِّرَةٍ مِنْ قُطَيْرَةِ ماءٍ. خُذْ قِطْعَةً مُرَبَّعَةً مِنَ الوَرَقِ المُقَوّى وانْقُرْ في مَرْكَزِها ثَقْبًا دائريًّا قُطْرُهُ ٢,٥ سم. غَطِّ الثَّقْبَ بشَريطٍ لاصِقٍ شَفّافٍ صامِدٍ للماءِ واقْطُرْ فَوْقَ الشَّريطِ بعِنايَةٍ مِنْ قَشَّةِ شُرْبٍ قُطَيْرَةَ ماءٍ. إنَّ القُطَيْرَةَ لا تَبُلُّ الشَّريطَ وتَتَّخِذُ شكْلًا كُرَوِيًّا بِفِعْلِ التَّوَتُّرِ السَّطْحيِّ وتَعْمَلُ كَعَدَسَةٍ كُرَوِيَّةٍ صَغيرَةٍ. اِسْتَخْدِمْ هٰذِهِ العَدَسَةَ لِدِراسَةِ التَّفاصيلِ في وَرَقَةِ نَباتٍ خَضراءَ.





## النَّظّاراتُ •

مِنْ أَهَمِّ الواجِباتِ الصِّحِّيَّةِ إعْطاءُ العَيْنِ حَقَّها مِنَ الاهْتِمامِ والعِنايَةِ . فَعِنْدَما تَشْعُرُ بأَنَّ نَظَرَكَ يَنْقُصُهُ السَّدادُ والحِدَّةُ في الرُّؤْيَةِ (وَحَتّى قَبْلَ ذٰلِكَ) عَلَيْكَ بزِيارَةِ طَبيبِ العُيونِ لِيَفْحَصَ عَيْنَيْكَ ويَصِفَ العِلاجَ . وَقَدْ يَكونُ بَعْضُ هٰذا العِلاجِ أَوْ كُلُّهُ اسْتِخْدامَ النَّظّاراتِ لِتَصْحيحِ الرُّؤْيَةِ . فَلِلرُّؤْيَةِ السَّديدَةِ يَنْبَغي أَنْ تَقَعَ الصُّورَةُ عَلى الشَّبَكِيَّةِ لا أَمامَها كَما في الحَسَرِ (قِصَرِ النَّظَرِ) ولا خَلْفَها كَما في الطَّرحِ (مَدِّ البَصَرِ) .

مَديدُ البَصَرِ يَرى الأَشْياءَ البَعيدَةَ ولا يُحْسِنُ رُؤْيَةَ الأَشْياءِ القَريبةِ – ويُصَحَّحُ هٰذا الخَطَأُ بِعَدَسَةٍ مُحَدَّبَةٍ تُساعِدُ عَدَسَةَ العَيْنِ في كَسْرِ

الأَشِعَّةِ لِتأْتِيَ الصُّورَةُ عَلى الشَّبكِيَّةِ لا خَلْفَها. أَمّا قِصَرُ النَّظَرِ فَيَنْتُجُ عَنْ عَيْنٍ قُوَّتُها الانْكِسارِيَّةُ زائِدَةٌ تتكَوَّنُ فِيها الصُّورَةُ قَبْلَ الشَّبكِيَّةِ ، ويُصَحَّحُ هٰذا الخَطأُ بِعَدَسَةٍ مُقَعَّرَةٍ.

ومِنْ أَخْطاءِ البَصَرِ ما يُعْرَفُ باللّاَنُقطِيَّةِ (الأَسْتِجْمِيَّةِ) وسَبَبُهُ تَفاوُتٌ في تَقَوُّسِ المُقْلَةِ - وَيُمْكِنُ تَصْحيحُهُ بِنَظّاراتٍ خاصَّةٍ.

والنَّظّاراتُ قَديمَةُ العَهْدِ جدًّا ، فقَدِ اسْتعملَ الفراعِنَةُ والأَشوريُّونَ أَنْواعًا مِنَ العَدَساتِ لِتَحْسِينِ الرُّؤْيَةِ. ونحنُ وإِنْ كُنّا نَجْهَلُ مُخْتَرِعَ النَّظّارَةِ الحَديثَةِ فإنّا نَعْرِفُ أَنَّ العالِمَ الشَّهيرَ غاليليو (١٥٦٤ - ١٦٤٢) صَنعَ لِنَفْسِهِ واحِدَةً واسْتَخْدَمها حينَ ضَعُفَ بَصَرُهُ.



**رَسْمٌ يَعودُ إلى العامِ ١٥٦٤ في كِتابِ «عِبادَةِ المُلوكِ» لِبُطْرُس بروغِل**



## قَوْسُ القُزَحِ

قَوْسُ قُزَحَ مَجْموعَةٌ مِنْ أَلْوانِ الطَّيْفِ الرّائِعَةِ السَّبْعَةِ تَظْهَرُ في السَّماءِ في مُقابَلَة الشَّمْسِ عِنْدَما تُضيءُ خِلالَ قَطَراتِ المَطَرِ نَتيجَةً لِانْعِكاس أَشِعَّةِ الشَّمْسِ وانْكِسارِها. وبِذٰلِكَ يَتَحَلَّلُ ضَوْءُ الشَّمْسِ إِلى أَلْوانِهِ الأَساسِيَّةِ وهِيَ الأَحْمَرُ والبُرْتُقالِيُّ والأَصْفَرُ والأَخْضَرُ والأَزْرَقُ والنِّيلِيُّ والبَنَفْسَجِيُّ، وتُعْرَفُ بِأَلْوانِ الطَّيْفِ. وأَحْيانًا يَظْهَرُ قَوْسا قُزَحَ الأَوَّلِيُّ العادِيُّ وآخَرُ ثانِوِيٌّ يَقَعُ خارِجَ الأَوَّلِيِّ وأَلْوانُهُ أَخَفُّ وتَتَوالى بِتَرْتيبٍ مُعاكِسٍ.

أُنْفُخْ عَبْرَ مَحْلولٍ صابونِيٍّ بِقَشَّةِ شُرْبٍ لِتَطْيِيرِ فَقاقيعَ صابونِيَّةٍ مِنْهُ. إِنَّ هٰذِهِ الفَقاقيعَ تَبْدو مُلَوَّنَةً بِأَلْوانِ الطَّيْفِ في مُواجَهَةِ ضَوْءٍ قَوِيٍّ.

يُمْكِنُكَ تَحليلُ نورِ الشَّمْسِ إلى أَلْوانِ قَوْسِ قُزَحَ بِتَلَقّي حُزْمَةٍ رَفيعَةٍ مِنَ الأَشِعَّةِ بِمَوْشورٍ زُجاجيٍّ. وَجِّهِ الأَشِعَّةَ المُنْكَسِرَةَ بَعْدَ مُرورِها في المَوْشورِ نَحْوَ صَفيحَةٍ بَيْضاءَ عَلى مَقْرُبَةٍ مِنْهُ، ولاحِظْ أَلْوانَ الطَّيْفِ السّاقِطَةَ عَلَيْها. إذا لَم يَتَوافَرْ لَدَيْكَ مَوْشورٌ زُجاجيٌّ فباسْتِطاعَتِكَ عَمَلُ مَوْشورٍ مائيٍّ بِغَمْرِ مِرْآةٍ مُسْتَطيلَةٍ مائِلَةً في طَبَقِ ماءٍ عَلى عَتَبَةِ الشُّبّاكِ. اِضْبِطْ وَضْعَ المِرْآةِ لإِسْقاطِ الطَّيْفِ على سِتارٍ أَوْ جِدارٍ قَريبٍ. وَلَعَلَّكَ تُشاهِدُ قَوْسَ قُزَحَ مِنْ رَشاشِ الماءِ المُتَناثِرِ مِنْ مِرَذَّةٍ دَوّارَةٍ في يَوْمٍ مُشْمِسٍ.

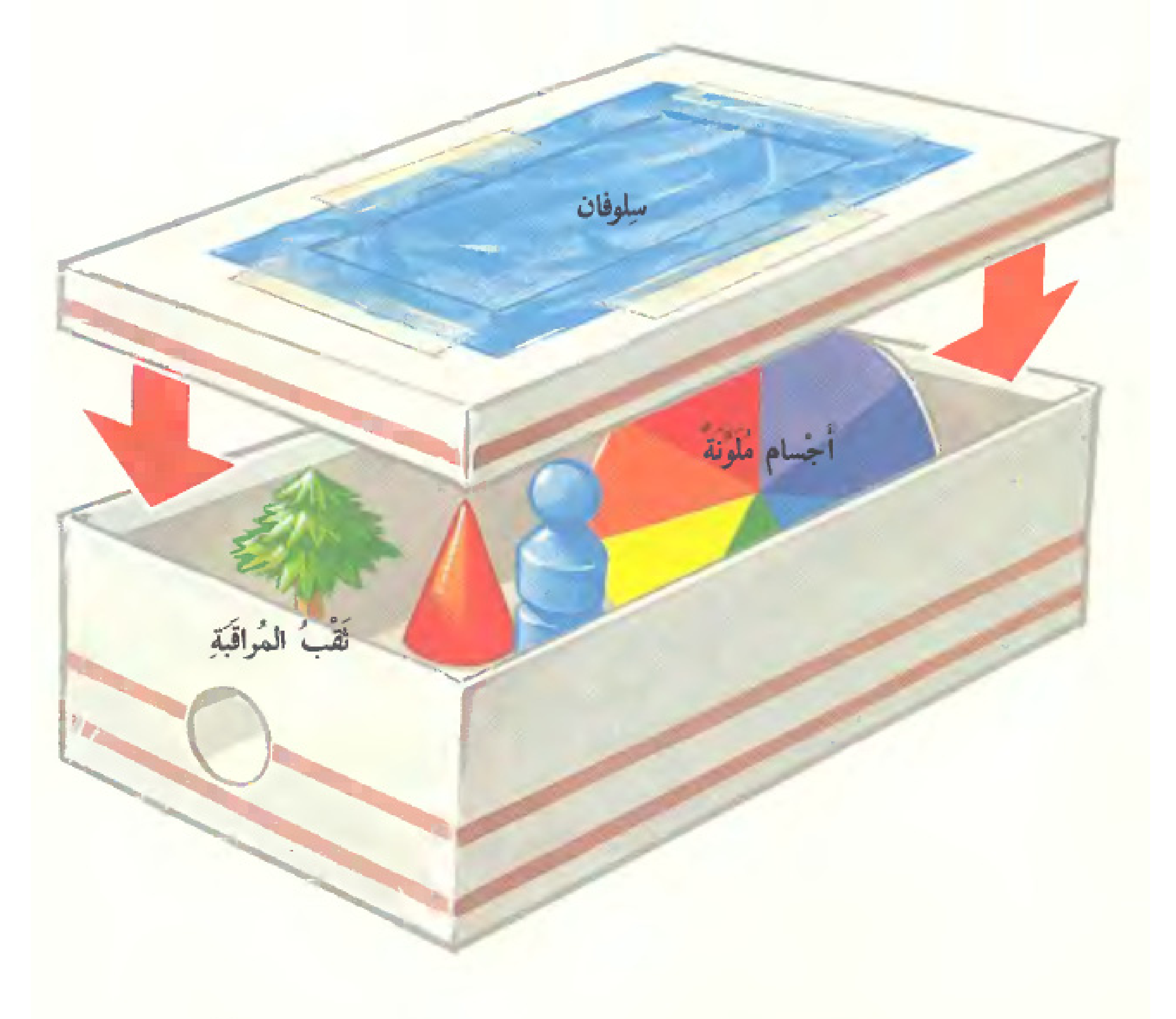


## أَلْوانُ الطَّيْفِ

كانَ العالِمُ البريطانيُّ إسْحق نيوتُن أَوَّلَ مَنْ بَيَّنَ تَرْكيبَ الضَّوْءِ الأَبْيَضِ مِنْ أَلْوانِ الطَّيْفِ السَّبْعَةِ . فَقَدْ وَجَّهَ حُزْمَةً مِنَ الضَّوْءِ نَحْوَ مَوْشورٍ زُجاجيٍّ فَتَحلَّلَ الضَّوْءُ إلى أَلْوانِ الطَّيْفِ ، ثُمَّ تَلَقَّى الطَّيْفَ النّاتِجَ بِمَوْشورٍ مُكافِئٍ في وَضْعٍ مُعاكِسٍ فَعادَتْ أَلْوانُ الطَّيْفِ تُؤَلِّفُ اللَّوْنَ الأَبْيَضَ . وقَدْ أَجْرَى نيوتن تَجْرِبَةً بِقُرْصِ أَلْوانِ الطَّيفِ يُمْكِنُكَ إعادَتُها .

خُذْ قُرْصًا دائريًّا قُطْرُه حَوالى ١٠ سم ولَوِّنْهُ قِطاعاتٍ بِأَلْوانِ الطَّيْفِ . أُثْقُبِ القُرْصَ مِنْ مَرْكَزِهِ وَأَمْرِرْ عَبْرَه خَيْطًا أُنْشوطِيًّا ودَوِّرِ القُرْصَ بِسُرْعَةٍ كَما يُدَوِّمُ الأَوْلادُ دُوّاماتِهِم المُلَوَّنَةَ بِالبَرْمِ والشَّدِّ ، فَتَرى أَنَّ الأَلْوانَ تَمْتَزِجُ ويَبْدو لَوْنُ القُرْصِ أَبْيَضَ تَقْريبًا .






يَعْتَمِدُ لَوْنُ الجِسْمِ عَلى لَوْنِ الطَّيْفِ الَّذي يَعْكِسُهُ ، فالقَلَمُ الأَحْمَرُ يَبْدو كَذٰلِكَ لأَنَّهُ يَمْتَصُّ أَلْوانَ الطَّيْفِ ويَعْكِسُ الأَحْمَرَ مِنْها . وإذا ما وجَّهْنا نَحْوَ القَلَمِ نورًا خالِيًا مِنَ اللَّوْنِ الأَحْمَرِ فإنَّهُ يَبْدو أَسْوَدَ لِأَنَّ القَلَمَ لا يَعْكِسُ مِنْ أَلْوانِ الطَّيْفِ حينَئِذٍ شَيْئًا .

غَطِّ عُلْبَةً بِوَرَقِ السِّلوفانِ الأَزْرَقِ وَعَرِّضْها للنُّورِ فَتَرى عَبْرَ ثَقْبِ المُراقَبَةِ في جانِبِ العُلْبَةِ خيالًا أَزْرَقَ . ضَعْ بِضْعَةَ أَشْياءَ مُلَوَّنَةٍ داخِلَ العُلْبَةِ وانْظُرْ إِلَيْها عَبْرَ ثَقْبِ المُراقَبَةِ ، فَماذا تُلاحِظُ ؟ ماذا كانَ أَثَرُ اللَّوْنِ الأَزْرَقِ عَلى أَلْوانِ الأَجْسامِ في العُلْبَةِ ؟

## مَزْجُ الأَلْوانِ

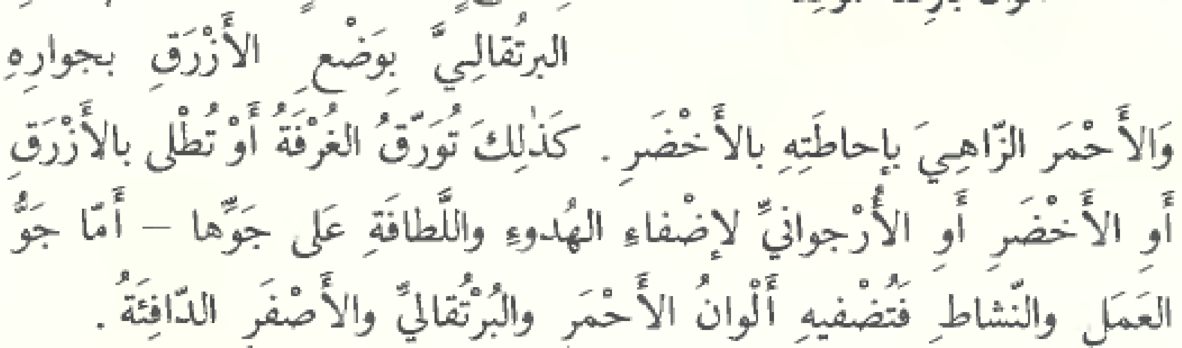


أَلْوانٌ دافِئَةٌ مُنْسَجِمَةٌ

أَلْوانٌ بارِدَةٌ مُتَوافِقَةٌ

يَسْتَخْدِمُ الرَّسّامونَ دولابَ الأَلْوانِ لِخَلْقِ أَلْوانٍ رائِعَةٍ مُثيرَةٍ. وَهُمْ يَقْسِمون الأَلْوانَ إلى فِئَتَيْنِ – دافِئَةٍ تَضُمُّ الأَحْمَرَ والبُرْتُقالِيَّ والأَصْفَرَ، وبارِدَةٍ تَشْمُلُ الأَزْرَقَ والأَخْضَرَ والأُرْجُوانِيَّ.

فالأَلْوانُ المُتَقابِلَةُ على الدّولابِ هيَ أَلْوانٌ مُتَتامَّةٌ يُبرِزُ واحِدُها الآخَرَ بِنُصوعٍ ظاهِرٍ. وَهٰكَذا تُبرِزُ البرتُقالِيَّ بِوَضْعِ الأَزْرَقِ بجوارِهِ



وَالأَحْمَرَ الزّاهِيَ بإحاطَتِهِ بالأَخْضَرِ. كَذٰلِكَ تورِّقُ الغُرْفَةُ أَوْ تُطْلى بالأَزْرَقِ أَوِ الأَخْضَرِ أَوِ الأُرْجوانيِّ لإضْفاءِ الهُدوءِ واللَّطافَةِ عَلى جَوِّها – أَمّا جَوُّ العَمَلِ والنّشاطِ فَتُضْفيهِ أَلْوانُ الأَحْمَرِ والبُرْتُقاليِّ والأَصْفَرِ الدّافِئَةُ.

أُرْسُمْ صورَةً ولَوِّنْها بالأَلْوانِ البارِدَةِ ثُمَّ أَعِدِ الرَّسْمَةَ نَفْسَها مُلَوَّنَةً بالأَلْوانِ الدّافِئَةِ. أُتْرُكْهُما تَجفّانِ ثُمَّ تأَمَّلْهُما مَلِيًّا. هَلْ تَلْحَظُ الجَوَّ والمِزاجَ المُخْتَلِفَيْنِ فيهِما؟ ثَبِّتْ مُرَبَّعًا صَغيرًا أَحْمَرَ أَوْ بُرتُقاليًّا على صَفْحَةٍ بَيْضاءَ وحَدِّقْ فيهِ جَيِّدًا مُدَّةَ دَقيقَةٍ. اِرْفَعِ المُرَبَّعَ وتابِعِ التَّحديقَ في الصَّفْحَةِ البَيْضاءِ – هَلْ تَرى اللَّوْنَ المُتَمِّمَ لِلأَحْمَرِ باهِتًا أَمامَ ناظِرَيْكَ مَكانَ المُرَبَّعِ؟ كَيْفَ تُفَسِّرُ ذٰلِكَ؟

تَسْتَخْدِمُ المَسارِحُ المَناوِرَ والأَضْواءَ الكَشّافَةَ بِمُرَشِّحاتِها اللَّوْنِيَّةِ لإضْفاءِ المُؤَثِّراتِ المَسْرَحِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ ولإبْرازِ المُمَثِّلينَ بِوُضوحٍ أَمامَ



**الإنارَة بالمَناوِرِ في مَسْرَحٍ حَديثٍ**

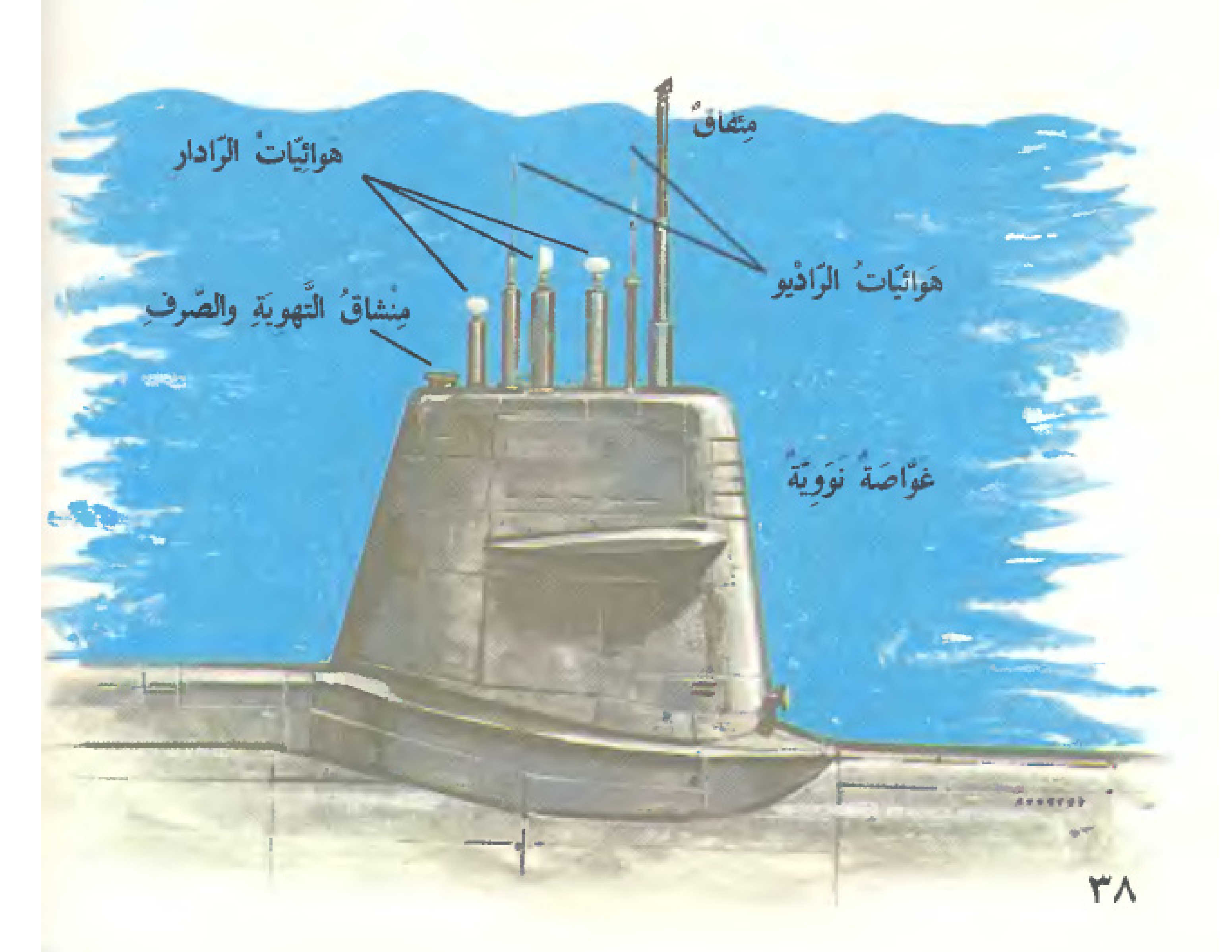
النَّظّارَةِ ، بَيْنَما تَقومُ مَناوِرُ أُخْرى جِدارِيَّةٌ وسَقْفِيَّةٌ بِإبْرازِ الأَحْداثِ والنَّشاطاتِ الأُخْرى عَلى المَسْرَحِ . فالجانِبُ الَّذي تُنيرُهُ الأَضْواءُ تُلَوِّنُهُ بالمُؤَثِّراتِ المُناسِبَةِ بِمُرَشِّحاتٍ حَمْراءَ أَوْ صَفْراءَ لِلْمَشاهِدِ المَرِحَةِ المُشْمِسَةِ ، أَوْ بِمُرَشِّحاتٍ زَرْقاءَ أَوْ خَضْراءَ لِلمَشاهِدِ البارِدَةِ اللَّيْلِيَّةِ – وقَدْ يَمْتَزِجُ نورُ مِنْوارَيْنِ مُنْفَصِلَيْنِ لإثارَةِ انْتِباهِ المُتَفَرِّجينَ ، أَوْ تَتَجَمَّعُ ثَلاثُ مَناوِرَ حَمْراءُ وَخَضْراءُ وَزَرْقاءُ لِتُنيرَ المَسْرَحَ بِضَوْءٍ أَبْيَضَ مُشْرِقٍ .

## المَرايا

حينَما تَقِفُ تَمْشُطُ شَعْرَكَ أَمامَ المِرْآةِ تَرى صورَتَكَ واضِحَةً لِأَنَّ سَطْحَ المِرْآة صَقيلٌ يَعْكِسُ الضَّوْءَ. وَلَوْ كانَ السَّطْحُ خَشِنًا غَيْرَ مَصْقولٍ لَتَشَتَّتَ الضَّوْءُ في كُلِّ ناحِيَةٍ.

تَلَقَّ نورَ الشَّمْسِ بِمِرْآةٍ صَغيرَةٍ وَاعْكِسْهُ على جِدارٍ ولاحِظْ تَنَقُّلَ بُقْعَةِ الضَّوْءِ كُلَّما أَمَلْتَ المِرْآةَ. ويُمْكِنُكَ تَحَدّي زَميلٍ بِمِرْآةٍ مُماثِلَةٍ أَنْ يُمْسِكَ بِخَيالِ مِرْآتِكَ. ماذا لَوِ اسْتَعْمَلَ كُلٌّ مِنْكُما مِرْآتَيْنِ؟

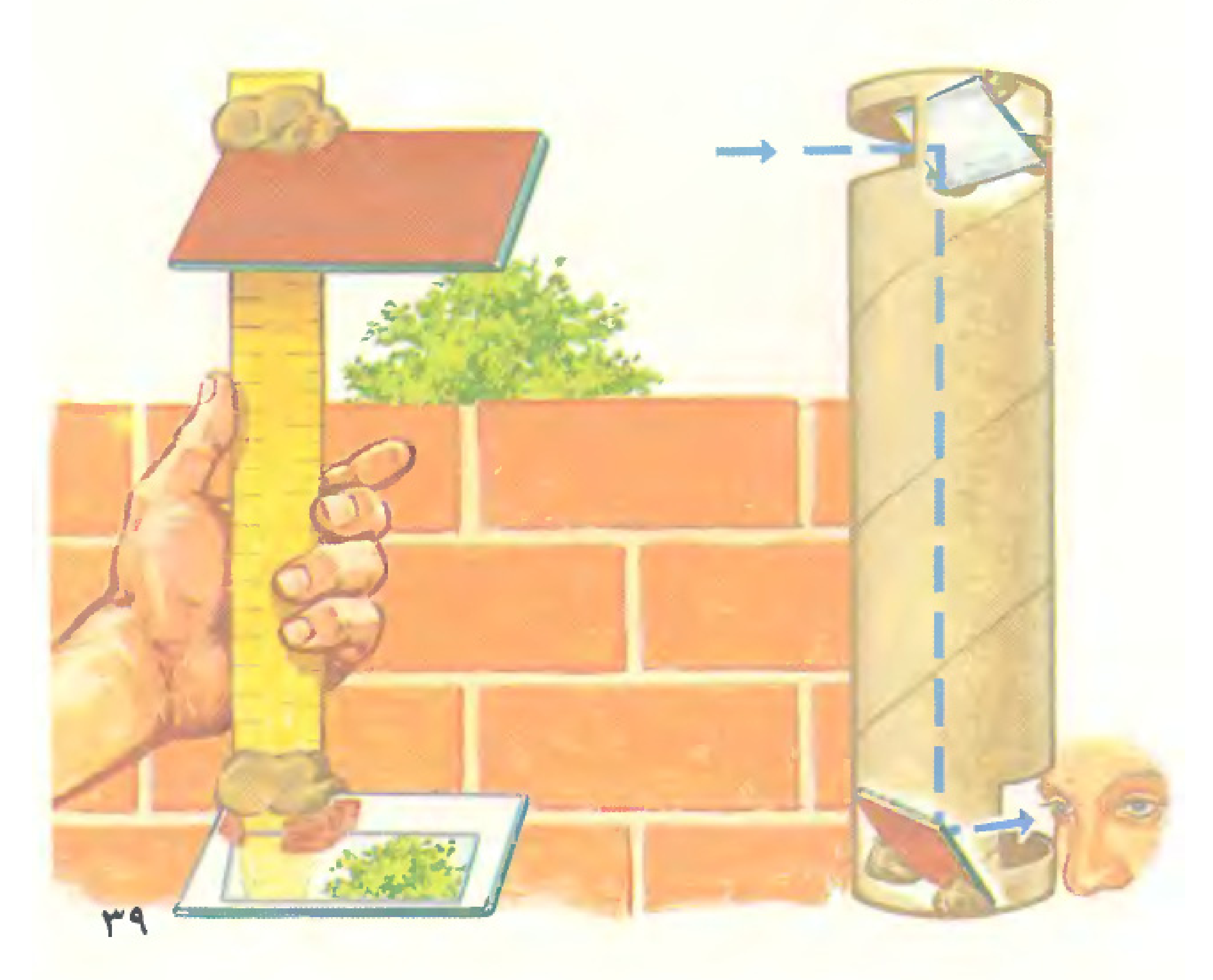
وَتُسْتَخْدَمُ خاصِّيَّةُ الاِنْعِكاسِ في المَرايا لِلرُّؤْيَةِ حَوْلَ الزَّوايا أَوْ عَبْرَ الحَواجِزِ كَما هِيَ الحالُ في المِئْفاقِ. ويُمْكِنُكَ صُنْعُ مِئْفاقٍ بَسيطٍ مِنْ مِسْطَرَةٍ تُثَبَّتُ في طَرَفَيْها بالبِلاستيسينِ مِرْآتَيْنِ مُتَقابِلَتَيْنِ (بِزاوِيَةِ ٤٥°).



قِفْ وَراءَ حاجِزٍ أَوْ جِدارٍ وانْظُرْ عَبْرَهُ بالمِئفاقِ. إنَّ المِرْآةَ العُلْيا تَعْكِسُ المَنْظَرَ إلى المِرْآةِ السُّفْلى وَهٰذِهِ بِدَوْرِها تَعْكِسُه إلى عَيْنِكَ – وهٰذا هُوَ سِرُّ مِئفاقِ الغَوَّاصَةِ الَّتي يُصَعِّدُ قائِدُها طَرَفَ المِئفاقِ فَوْقَ سَطْحِ الماءِ لِيَرى ما عَلى السَّطْحِ وهْيَ تَحْتَهُ.

ولَعَلَّكَ وقَدْ خَبَرْتَ الفِكْرَةَ تُريدُ تَصْميمَ مِئْفاقٍ مُطَوَّرٍ سَهْلِ الحَمْلِ تَصْنَعُهُ مِنْ أُنْبوبٍ مِنَ الوَرَقِ المُقَوَّى لِتَرى فيهِ حَوْلَ زاوِيَةِ الجِدارِ أَوْ عَبْرَ عَتَبَةِ الشُّبّاكِ أَوْ تُراقِبَ مُباراةً وسطَ زِحامٍ شَديدٍ.

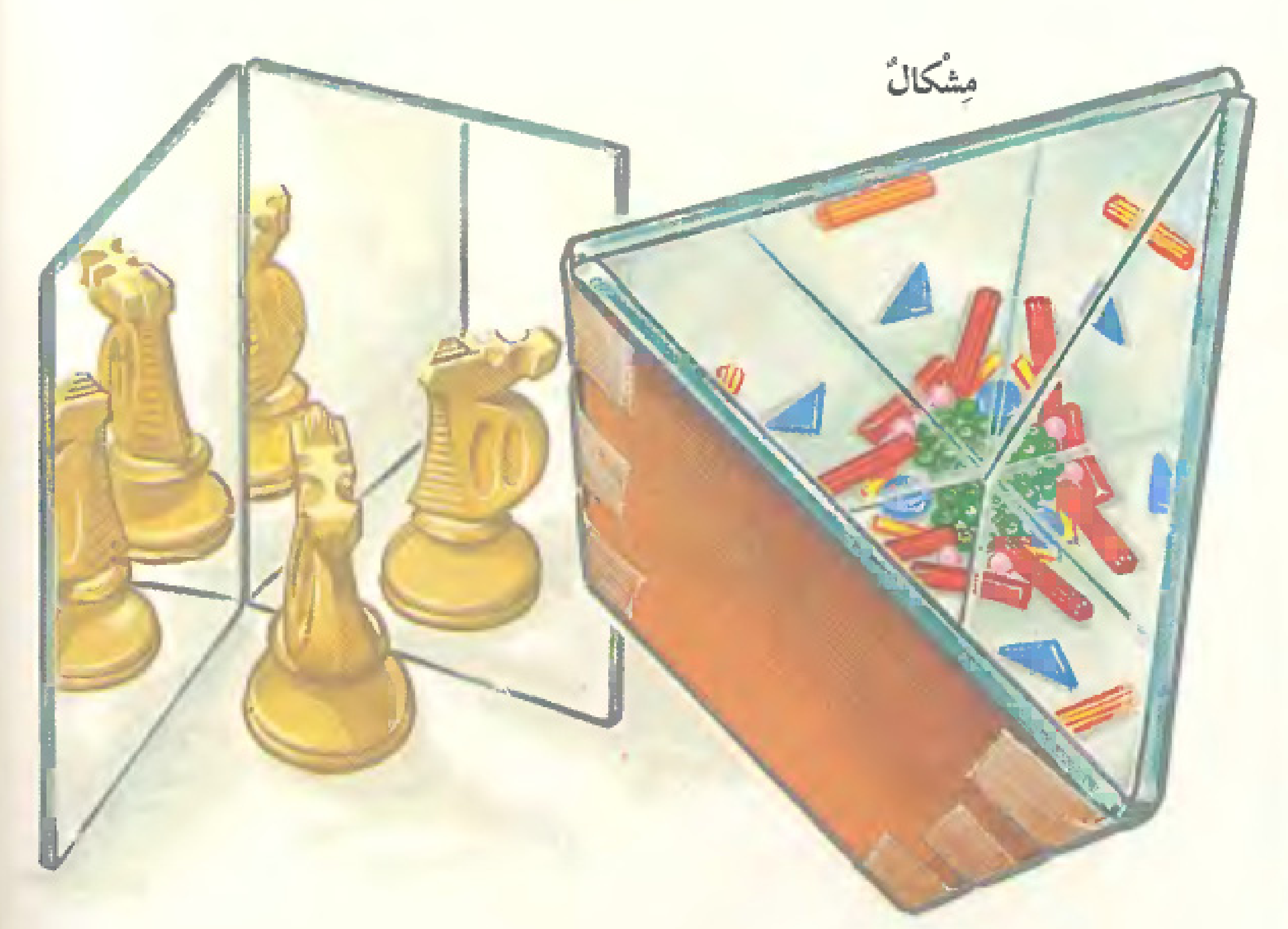
هَلْ جَرَّبْتَ اسْتِخْدامَ مِرْآتَيْنِ لِتَرى قَفا رأْسِكَ؟ حاوِلْ أَنْ تَقْرَأَ كِتابَةً مُنْعكِسَةً في مِرْآةٍ. ماذا لَوِ اسْتَخْدَمْتَ مِرْآةً ثانِيَةً لِتَعْكِسَ لَكَ ما في المِرْآةِ الأُولى؟



## المَرايا مائِلَةً ومُقَوَّسَةً

وَقِّفْ مِرْآتَيْن عَلى حَرْفَيْها مُتماسَّتَي الجانِبَيْن ومُتَعامِدَتَيْن وضَعْ لُعْبَةً صغيرَةً (أَوْ قِطْعَةَ شِطْرَنْجٍ) بَيْنَهُما. كَمْ صورةً ترى لِلُّعْبَةِ؟ ضَيِّق الزّاوِيَةَ بَيْنَ المِرْآتَيْنِ ولاحِظْ أَثَرَ ذلِكَ في عَدَدِ الصُّوَرِ النّاتِجَةِ. إنَّكَ بِهٰذا تَحْصُلُ عَلى صُوَرِ الصُّوَرِ فيَتَزايَدُ عَدَدُها.

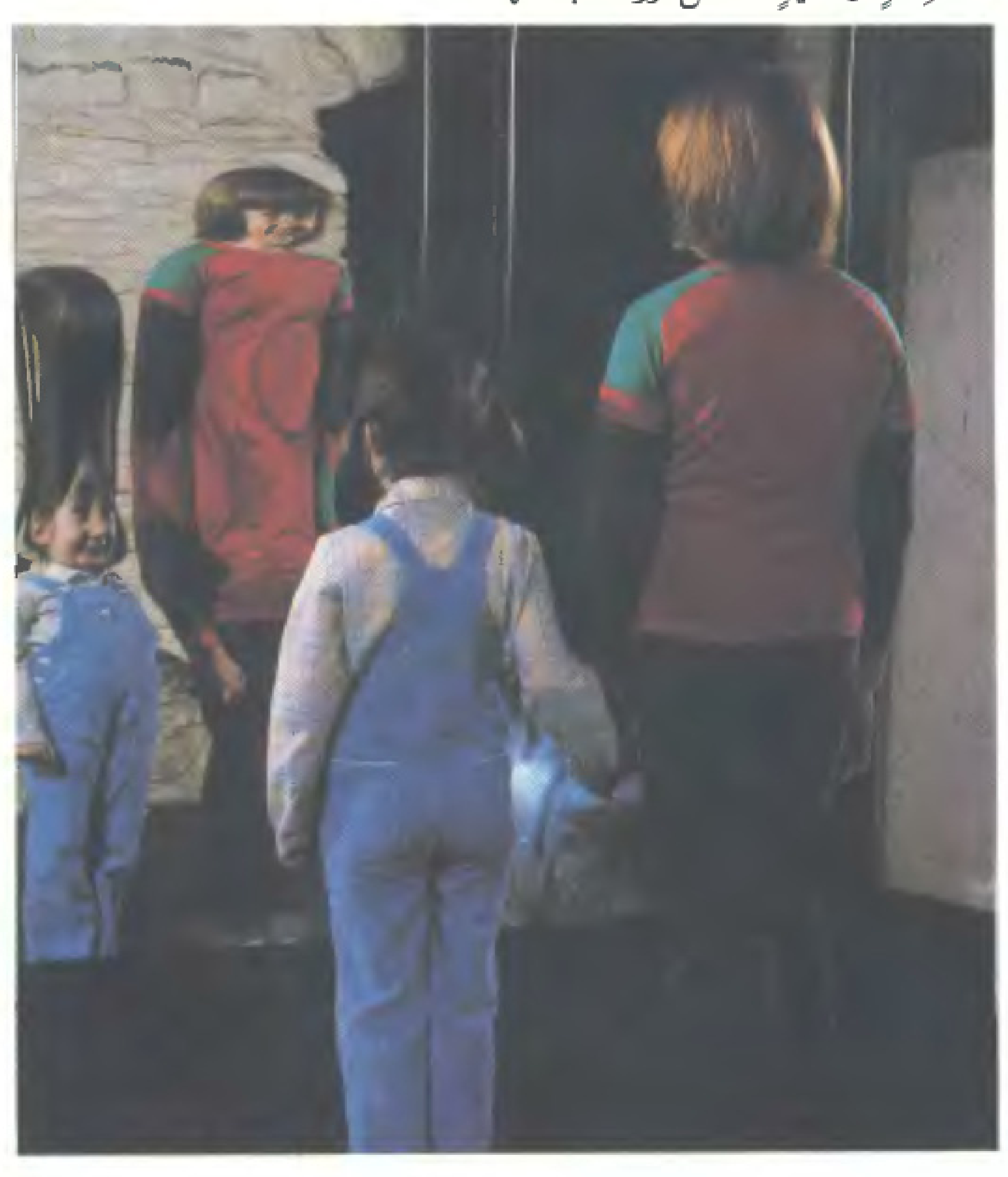
وَقِّفِ المِرْآتَيْنِ مُتَقابِلَتَيْن وبَيْنَهُما حَوالى ٣٠ سم. ضَعْ جُنْدِيًّا دُمْيَةً بَيْنَهُما وَانْظُرْ مِنْ فَوْقِ إحْداهُما. هَلْ تَرى الصَّفَّ اللّامُتَناهِيَ مِنَ الدُّمى صُوَرًا وصُوَرَ صُوَرٍ؟




ثَبِّتْ بِشَريطٍ لاصِقٍ ثَلاثَ مَرايا صَغيرةٍ مُتَماثِلَةٍ فَوْقَ صَفيحَةِ وَرَقٍ بَيْضاءَ. اُنْثُرْ بَعْضَ الخَرَزِ (أَوِ الوَرَقِ المُلَوَّنِ) في الفُسْحَةِ بَيْنَ المَرايا

ولاحِظْ نَمَطَ التَّشكُّلِ النّاتِج من انْعكاساتِها. حرِّكِ الخَرَزاتِ لِتُبدِّلَ وَضْعَها، ولاحِظْ أَنْماطَ التَّشكُّلِ المُتَغَيِّرَةَ البَديعة.

أمّا إذا كانَ سَطْحُ المِرْآةِ مُقَوَّسًا فإنَّ الصُّوَرَ فيها تَبْدو مُتفاوِتَةَ الغَرابَةِ. أُنْظرْ صورَتَكَ في باطِنِ مِلْعَقَةٍ صَقيلَةٍ ثُمَّ في قَفاها – ماذا تُلاحِظُ؟ إنَّ الصُّوَرَ في المَرايا المقعَّرَةِ تَخْتَلِفُ كَثيرًا بَيْنَما هِيَ دائمًا أَصْغَرُ في المَرايا المُحَدَّبَةِ. وَفي بَعْضِ المَعارِضِ قاعاتُ مَرايا تُري الصُّوَرَ بِأَشْكالٍ غَريبَةٍ مُضْحِكَةٍ ومُسَلِّيَةٍ – هَلْ زُرْتَ بَعْضَها؟






## المِرْقَبُ (التِّلِسْكوبُ) وَكَيْفَ تَصْنَعُه

نَرى الكَثيرَ مِنَ النُّجومِ تَتَلأْلأُ في السَّماءِ لَيْلًا كَما نَرى القَمَرَ بِنورِ الشَّمْسِ المُنْعَكِسِ عَلَيْهِ. ولٰكِنَّا نَرى المَزيدَ مِنَ النُّجومِ والأَجْرامِ الفَلَكِيَّةِ وَبِوُضوحٍ أَشَدَّ باسْتِخْدامِ المِرْقَبِ.

يَعْتَمِدُ المِرْقَبُ الكاسِرُ عَلى العَدَساتِ بَيْنَما يَعْمَلُ المِرْقَبُ العاكِسُ بالمَرايا المُقَوَّسَةِ. وقَدْ صَنَعَ العالِمُ إسْحق نيوتن أَوَّلَ مِرْقَبٍ عاكِسٍ مُنْذُ حَوالى ثَلاثَةِ قُرونٍ مِنْ مِرْآةٍ مُقَعَّرَةٍ، تَجْمَعُ الأَشِعَّةَ مِنَ الجِرْمِ الفَلَكِيِّ في بُؤْرَةٍ، وعَدَسَةٍ عَيْنِيَّةٍ تُكَبِّرُ الصُّورَةَ المُتَجمِّعَةَ في تِلْكَ البُؤْرَةِ – وهٰذا يَعْني أَنَّكَ في المِرْقَبِ العاكِسِ لا تَنْظُرُ عَبْرَ المِرْقَبِ مُباشَرَةً بَلْ في جانِبِهِ.

ويُمْكِنُكَ صُنْعُ مِرْقَبٍ عاكِسٍ بَسيطٍ مِنْ مِرْآةٍ مُقَعَّرَةٍ (مِرآةُ الحِلاقَةِ مِثالِيَّةٌ لِهٰذا الغَرَضِ) وعَدَسَةٍ مُكَبِّرَةٍ ومِرْآةٍ صَغيرَةٍ مُسَطَّحَةٍ. ضَع المِرْآةَ

المُقَعَّرَةَ على عَتَبَةِ الشُّبَّاكِ باتِّجاهِ النُّجومِ ثُمَّ تَلَقَّ صورةَ المِرْآةِ المُقَعَّرَةِ في المِرْآةِ المُسَطَّحَةِ . واسْتَخْدِمِ العَدَسَةَ المُكَبِّرَةَ لِمُراقَبَةِ الصُّورَةِ المُنْعَكِسَةِ عَنِ المِرْآةِ المُسَطَّحَةِ .

إنَّ أَكْبَرَ مِرْقَبٍ عاكِسٍ في العالَمِ هُوَ مِرْقَبُ هيل العاكِسُ في پالومار بالوِلاياتِ المُتَّحِدَةِ وقُطْرُ مِرآتِهِ خَمْسَةُ أَمْتارٍ . وهٰذِهِ المَراقِبُ أَسْهَلُ صُنْعًا مِنَ الكاسِرَةِ لِصُعوبَةِ عَمَلِ العَدَساتِ الضَّخْمَةِ بالدِّقَّةِ المَطْلوبَةِ .

وإذا ما اشْتَرَيْتَ مِرْقَبًا جاهِزًا (أَوْ صَنَعْتَهُ بِنَفْسِكَ) فَلا تَسْتَخْدِمْهُ مُطْلَقًا لِلتَّطَلُّعِ إلى الشَّمْسِ فذٰلِكَ مُضِرٌّ حَتْمًا بِعَيْنَيْكَ وقَدْ يُتْلِفُ بَصَرَكَ . اِسْتَخْدِمْهُ فَقَطْ لِمُشاهَدَةِ الأَجْسامِ الأَرْضِيَّةِ نَهارًا أَوِ الأَجْرامِ الفَلَكِيَّةِ لَيْلًا .

**مِرْقَبُ هيل العاكِسُ**

**عَلى جَبَلِ پالومار ، كاليفورنْيا ، الوِلايات المُتَّحِدَة**



## خِداعُ البَصَرِ

أَحْيانًا يَخْدَعُ نورُ الشَّمْسِ أَبْصارَنا ، فالأَشْياءُ لا تَبْدو دائمًا عَلى حَقيقَتِها . والسَّرابُ الصَّحْراويُّ (أَو القُطْبيُّ) هُوَ مِثالٌ جَيِّدٌ عَلى ذٰلِكَ – إذْ يَرى المُسافِرُ ما يَتَوَهَّمُهُ ماءً أَوْ واحَةً نَتيجَةً لانْعِكاسِ النُّورِ الكُلِّيِّ الوارِدِ مِنْ طَبَقَةِ هَواءٍ إلى أُخْرى أَسْخَنَ (وأَقَلَّ كَثافَةً) .


خِداعُ البَصَرِ – طائِرَةُ كونْكورد عَلى وَشْكِ الإقْلاعِ
(لاحِظِ الصُّورَةَ المَقْلوبة لِجُزْئِها السُّفْليِّ)

وباسْتِطاعَتِكَ صُنْعُ بَعْضِ هٰذِهِ الخُدَعِ البَصَرِيَّةِ لِلتَّسْلِيَةِ . خُذْ دَليلَ هاتِفٍ قَديمًا وارْسُمْ عَلى حَوافِّ الزَّوايا اليُمنى لِجُزْءٍ مِنْ صَفَحاتِهِ نُقْطَةً بِقَلَمٍ لَبَّادٍ جاعِلًا النُّقْطَةَ في كُلِّ مَرَّةٍ أَكْبَرَ حَجْمًا مِنْ سابِقَتِها . قَلِّبْ



صَفَحات الدَّليلِ بِسُرْعَةٍ بَدْءًا من الصَّفْحَةِ الأُولى فَتَبْدُو لَكَ النُّقْطَةُ وكأَنَّها تَنْمو وتَتَمَدَّدُ !

خُذْ حَوالى عِشْرينَ وَرَقَةً أَوْ بِطاقَةً ودَبِّسْها مِنْ جانِبٍ كالدَّفْتَرِ. ضَعْ وَرَقَ كَرْبونٍ بَيْنَ الوَرَقاتِ وعَلِّمْ بالخُطوطِ هَيْكَلَ جِسْمٍ لِتَحْديدِ مَوْضِعِ الرَّأْسِ والأَطْرافِ. اِرْفَعِ الكَرْبونَ وارْسُمِ الأَطْراف بِأَوْضاعٍ مُخْتَلِفَةٍ مُتَدرِّجَةِ التَّغَيُّرِ. عِنْدَ تَقْليبِ الأَوْراقِ بِسُرْعَةٍ سَيَبْدو لَكَ الجِسْمُ وكأَنَّهُ يَتَحَرَّكُ.

والصُّوَرُ المُتَحَرِّكَةُ الَّتي تَراها عَلى الشّاشَةِ (مِثل ميكي ماوس أَوْ دونالْد داك) ما هيَ في الحَقيقَةِ إلّا عَشَرات الصُّوَرِ المُتَلاحِقَةِ المُتَدرِّجَةِ. بِحَيْثُ تَخْتَلِفُ واحِدَتُها قَليلًا عَنْ سابِقَتِها. وعِنْدَما تُعْرَضُ هٰذِهِ الصُّوَرُ بِسُرْعَةِ حَوالى عِشْرينَ صورَةً في الثّانِيَةِ تَبْدو لَنا وكأَنَّها تَتَحَرَّكُ فِعْلًا.



يرقانةُ خنفساء الدَّرْدارِ

## الحياةُ بِلا ضَوْءٍ

عرَفْنا أنَّ ضَوْءَ الشَّمْسِ وَحَرارتَها ضَروريّانِ للحَياةِ عَلى الأَرْضِ وأنَّ الحَياةَ تَزولُ بزوالِ الشَّمْسِ. لٰكِنَّ بَعْضَ النَّباتاتِ والحَيَواناتِ تَعيشُ في مَنْأًى عَنْ نورِ الشَّمْسِ أَوْ حَتّى في ظُلْمَةٍ دامِسَةٍ.

تُرَكِّبُ النَّباتاتُ الخَضْراءُ غِذاءَها بِمُساعَدَةِ اليَخْضُورِ (الكلوروفيلِ) مِنَ المَوادِّ الأَوَّلِيَّةِ، أَمّا العَديمَةُ اليَخْضورِ كالفُطْرِ والبَكْتِريا فَتَعْتَمِدُ في غِذائِها عَلى سِواها مِنَ النَّبْتِ أَوْ عَلى بَقايا الحَيَواناتِ. وَالعَفَنُ الَّذي يُصيبُ الزُّروعَ أَوْ يَنْمو عَلى الأَطْعِمَةِ المَتْروكَةِ هُوَ نَوْعٌ دقيقٌ مِنَ الفُطْرِ. ولِبَيانِ أَنَّ هٰذِهِ النَّباتاتِ قادِرَةٌ عَلى العَيْشِ بِلا ضَوْءٍ ضَعْ حَبَّةَ طَماطِمَ مَهْروسَةً في كيسٍ وأخفِها داخِلَ عُلْبَةٍ بِضْعَةَ أَيّامٍ. وسَتَراها عِنْدَ الكَشْفِ مُغَطّاةً بِطورِ المِجْهَرِيَّةِ.

خُلْدٌ (طوبين)



وَالحَيَواناتُ الَّتي تَعيشُ تَحْتَ سَطْحِ الأَرْض تكونُ غالِبًا في غِنًى عَنْ ضَوْءِ الشَّمْسِ. والكثيرُ مِنْها أَعْمى كالخُرْطون (دودةِ الأَرْضِ) أَوْ كَليلُ البَصَرِ كالخُلْدِ والغُرَيْرِ. وبَعْضُ الحَيَواناتِ لا عُيونَ لها كالحَريشِ وأُمِّ أَرْبَعٍ وأَرْبَعينَ وَعَيْرِ القَبَّانِ ، لٰكِنَّها إِذا ما كُشِفَتْ للنُّور تَنْطَلِقُ مُسْرِعَةً إِلى مَكانٍ مُظْلِمٍ. وَالعَلَقُ وديدانُ الماءِ هي أَيْضًا عَديمةُ الإِبْصارِ وَكَذٰلِكَ المَحارُ وَبَلَحُ البَحْرِ.

عَيْرِقَبَّانٍ

## أَشِعَّةُ اللِّيزَرِ

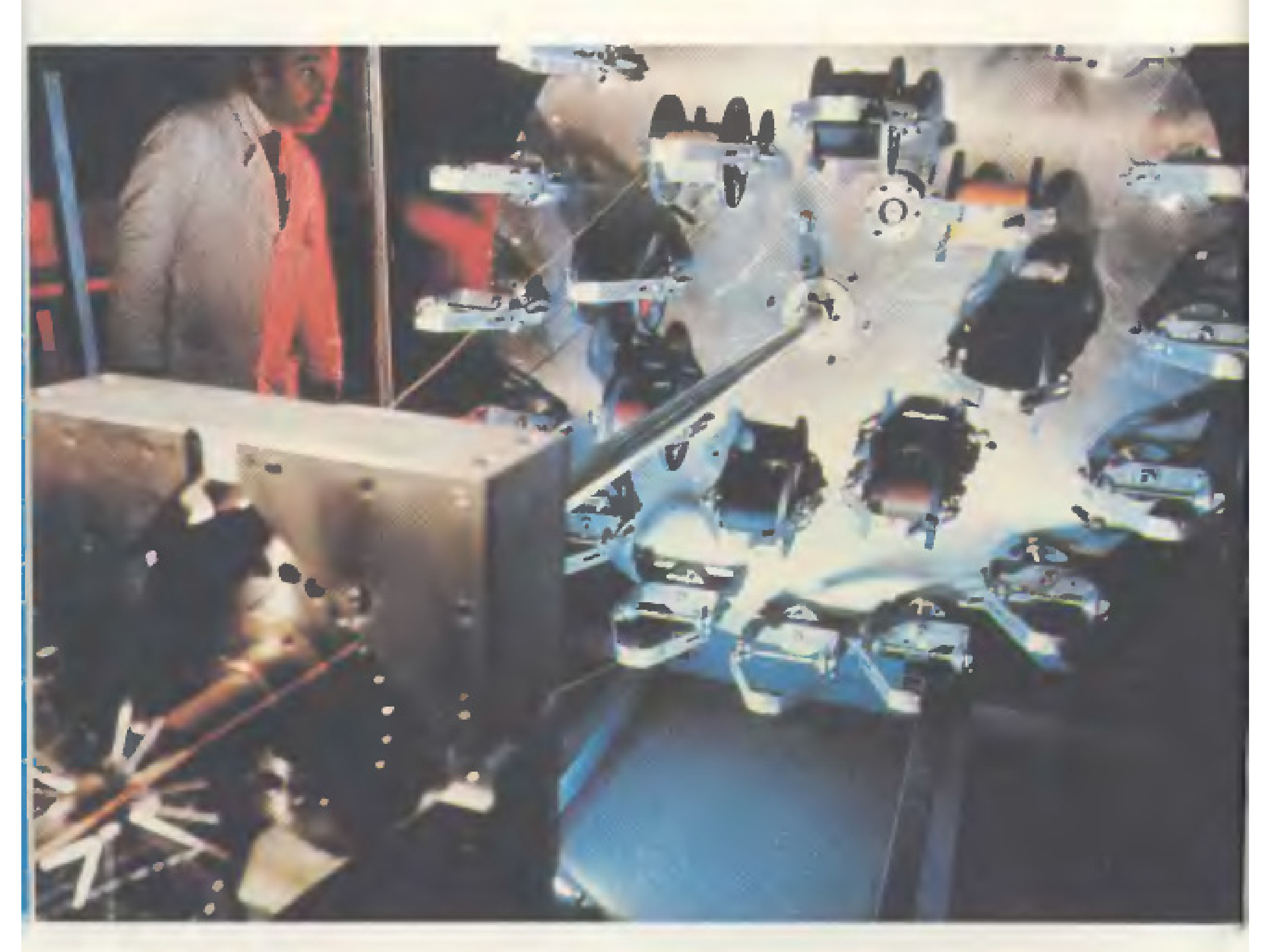
الضَّوْءُ ذو طاقَةٍ خارقَةٍ. فأَنْتَ عِنْدَما تُديرُ مِفْتاحَ النُّورِ يَنْتَشِرُ الضَّوْءُ مِنْ بَصَلَةِ المِصْباحِ ويَتَفَرَّقُ طاقةً تُنيرُ أَرْجاءَ الغُرْفَةِ، أَمّا شُعاعُ اللِّيزَرِ المُسَدَّدُ باتِّجاهٍ مُحَدَّدٍ فإنَّ طاقَتَهُ مِنَ الشِّدَّةِ بِحَيْثُ تَخْتَرِقُ صَفيحَةً فولاذِيَّةً سُمْكُها ٣ سَنْتيمتراتٍ!

أَداةُ قَطْعٍ بِأَشِعَّةِ اللِّيزَرِ



وَشُعاعُ اللِّيزَرِ دَقيقٌ جِدًّا، ويُسْتَخْدَمُ الجهازُ في الصِّناعَةِ لِصَهْرِ ولِحامِ أَجْزاءِ الآلِيّاتِ الدَّقيقَةِ. كَما تُسْتَخْدَمُ أَشِعَّةُ اللِّيزَرِ في الجِراحَةِ الدَّقيقَةِ

لِحَرْقِ الخلايا المريضَةِ دونَ إتْلافِ الأَنْسِجَةِ المُحيطَةِ بها. وقَدْ دَخَلَ اللّيزَرُ أَبْحاثَ الفَضاءِ. فَفي عامِ ١٩٦٢ وُجِّهَتْ حُزْمَةٌ مِنْ أَشِعَّةِ اللّيزَرِ إلى القَمَرِ وكانَتْ مِنَ السُّطوعِ بحَيْثُ شاهَدَ العُلَماءُ انعِكاسَها بَعْدَ حَوالى ثانِيَتَيْنِ. وقَدْ فَتَحَتْ هٰذِهِ التَّجرِبَةُ آفاقًا لإمْكانِيَّةِ الاتِّصالِ بالكَواكِبِ الأُخْرى أَوْ بالسُّفُنِ الفضائِيَّةِ المأهولَةِ. وبالفِعْلِ أَطْلَقَ العُلَماءُ الفَرنسيّونَ عامَ ١٩٦٧ تابِعَيْنِ فَلَكِيَّيْنِ مُزَوَّدَيْنِ بعاكِساتِ اللّيزَرِ، فكانَتْ أَشِعَّةُ اللّيزَرِ تُتابِعُهما بِسُهولَةٍ مِنْ مَحَطّاتِ المُراقَبَةِ الأَرْضِيَّةِ في فَرَنْسا. وَمَنْ يَدْري فَلَعَلَّ هٰذِهِ الأَجْهِزَةَ تكونُ مُستَقْبَلًا وَسيلَتَنا لِلاتِّصالِ بِعَوالِمَ أُخْرى مأْهولَةٍ في الأَفْلاكِ البَعيدَةِ!



أَلْيافٌ بَصَرِيَّةٌ تَسْتَخْدِمُ الضَّوْءَ بَدَلَ الكَهْرَباءِ في نَقْلِ المُكالَماتِ التِّلِفونِيَّةِ. المَصْدَرُ الطّاقِيُّ هُوَ شُعاعُ لَيْزَرٍ مِنْ قُدْرَةِ ٠,٥.

## الطّاقَةُ الشَّمْسِيَّةُ

الشَّمْسُ هِيَ مَصْدَرُنا المَضْمونُ لِلطّاقَةِ. وقَدْ أَخَذَ العُلَماءُ يُفَكِّرونَ جِدِّيًّا اليَوْمَ، بَعْدَ ارْتِفاعِ أَسْعارِ الوَقودِ وَشُحِّ مَصادِرِهِ المُتَزايِدِ، بِتَخْزينِ طاقَةِ الشَّمْسِ واسْتِخْدامِها.

والخَلايا الشَّمْسِيَّةُ هِيَ اخْتِراعٌ حَديثٌ يُحَوِّلُ طاقَةَ الشَّمْسِ مُباشَرَةً إلى كَهْرَباءٍ. وتُسْتَخْدَمُ هٰذِهِ الخَلايا في كَثيرٍ مِنَ التَّوابِعِ الفلكِيَّةِ الدّائِرَةِ حَوْلَ الأَرْضِ لأَغْراضٍ عِلْمِيَّةٍ – لٰكِنَّ ارْتِفاعَ كُلْفَتِها يَحولُ دونَ اسْتِخْدامِها كَمَصْدَرِ طاقَةٍ في البَيْتِ.

ومِنَ الإنْجازاتِ الحَديثَةِ في مَجالِ تَسْخيرِ الطّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ المُجَمِّعُ الشَّمْسِيُّ البُؤْرِيُّ. وقَدْ صُنِعَ مِنْهُ نَموذَجٌ فَرَنْسِيٌّ ضَخْمٌ يَعْمَلُ كَفُرْنٍ شَمْسِيٍّ، وتَبْلُغُ دَرَجَةُ الحَرارَةِ في بُؤْرَتِهِ ٣٣٠٠ مِئوِيَّة. وفي هٰذا الفُرْنِ تَذوبُ صَفيحَةٌ فولاذِيَّةٌ سُمْكُها سَنْتيمِتْرٌ في أَقَلَّ مِنْ دَقيقَةٍ.

أَمّا المُجَمِّعُ الشَّمْسِيُّ المُسَطَّحُ الصَّفائحِ فيُسْتَخْدَمُ للتَّدْفِئَةِ المَنْزِلِيَّةِ ، وتَتَأَلَّفُ صَفائحُهُ مِنْ أنابيبَ مَعْدِنِيَّةٍ رَفيعةٍ تَحْمِلُ الماءَ أو الهَواءَ وتتَّصِلُ بِشَبَكةِ أَنابيبِ التَّدفِئَةِ في المَنْزِلِ. يُرَكَّبُ المُجَمِّعُ عَلى سَقْفِ المَنْزِل في الاتِّجاهِ الأَمْثَلِ لِتَلَقّي أَشِعَّةِ الشَّمْسِ. وَيَقومُ الماءُ (أَوِ الهَواءُ) في الأَنابيبِ بِحَمْلِ الحَرارَةِ إلى سائرِ أَرْجاءِ المَنْزِلِ. ويُضافُ إلى ماءِ الأَنابيبِ مَحْلولٌ مُقاوِمٌ لِلتَّجمُّدِ لِمَنْعِ انْفِجارِ الأَنابيبِ في اللَّيالي القارِسَةِ البَرْدِ.

وإذا ما تَحقَّقَت توَقُّعاتُ العُلَماءِ مِنْ نِظامِ التَّدْفِئَةِ هٰذا فإنَّ الطّاقَةَ الشَّمْسِيَّةَ ستُساعِدُ البَشَرَ في تَجاوُزِ أَزْمَةِ الطّاقَةِ الّتي تُهَدِّدُ الأُمَمَ الصِّناعِيَّةَ.

مُجَمِّعٌ شَمْسِيٌّ مُسَطَّحُ الصَّفائحِ



# الفِهْرِسُ

سلسلة «العلوم للناشئين»



